

Candidato: Ana Rita Pereira Barbosa, N° 1071135, 1071135@isep.ipp.pt

Orientação Empresa: Marta Elisa Santos, marta.santos@sgs.com

Orientação ISEP: Isabel Brás Pereira, imp@isep.ipp.pt



Mestrado em Engenharia Química

Ramo Tecnologias de Protecção Ambiental

Departamento de Engenharia Química

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Agradecimentos

Existem pessoas que não podem deixar de ser mencionadas, pois de uma forma ou de outra ajudaram-me a que eu chegasse até aqui...sem eles todo o meu percurso seria muito mais difícil...

Agradeço aos meus pais e ao irmão por todo o apoio e força incondicional demonstrada não só ao longo desta dissertação, mas também ao longo destes 5 anos. Estiverem sempre comigo nos melhores e piores momentos e obrigada por me terem “aturado os meus stresses”...

Não poderia de deixar de agradecer ao Renato por todo o apoio e carinho demonstrado e por todas as horas que eu o fiz esperar e pela paciência demonstrada.....

Agradeço também de uma forma especial a todos os meus colegas da SGS, em especial ao Rui (estive sempre disponível e dispensou-me alguns dias para trabalhar na tese), à Teresa, Joana e à Cláudia pelo bom ambiente de trabalho demonstrado ao longo do meu estágio. E claro, quero agradecer especialmente à MARTA, pela ajuda preciosa e pela sua boa disposição sempre manifestada não só ao longo do estágio mas também por estar sempre disponível para tirar dúvidas e por tudo aquilo que me ensinou. Sem a sua ajuda a tese seria muito mais “pobre” e peço desculpa pelo fim-de-semana que lhe “roubei” para ler a tese ☺.

Gostaria de agradecer à ENG.^a ISABEL por todo o apoio e ajuda demonstrada ao longo da dissertação e por estar sempre disponível, incluindo fins-de-semana, nunca foi capaz de me dizer “agora não te posso atender”. Muito obrigada!!

E claro, não poderia de deixar de agradecer aos meus amigos, Raquel, Vanessa e Ricardo pelo companheirismo demonstrado ao longo destes 5 anos. Raquel, obrigada pela companhia feita durante algumas medições da tese e por me ligares os equipamentos ☺.

Quero agradecer também à Eng^a Aurora Silva por me ter ajudado no manuseamento dos equipamentos.

Por fim, gostaria de agradecer às pessoas responsáveis pela manutenção do ISEP, Eng^o Barrote Dias e o Eng^o Victor Amaral, pela sua disponibilidade para dar informações sobre os sistemas existentes no ISEP.

MUITO OBRIGADA!!!

Resumo

A preocupação crescente com a qualidade do ar interior (QAI), a existência de sistemas de climatização sem manutenção e a sua relação destes com os problemas de saúde levou ao estabelecimento de exigências legais relativas à QAI em edifícios, que foram publicadas no Decreto-Lei n.º 79/2006.

Este decreto-lei exige que nas auditorias à QAI seja efectuada a inspecção higiénica aos sistemas AVAC, a verificação do Plano de Manutenção e a monitorização dos seguintes poluentes: partículas suspensas no ar, PM10, dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃), formaldeído (HCHO), compostos orgânicos voláteis (COV's), bactérias, fungos, *Legionella* e radão (apenas quando aplicável).

O presente trabalho foi desenvolvido em duas partes. A primeira consistiu num estágio curricular durante 3 meses na SGS Portugal, durante os quais foi possível participar activamente em auditorias de certificação energética – vertente QAI (salas de cinema, instalações bancárias, entre outros) e na elaboração dos respectivos relatórios. Numa segunda fase, foi efectuada uma avaliação da qualidade do ar interior nas instalações do ISEP, mais especificamente no edifício I, onde apenas existe ventilação mecânica nos auditórios e no edifício E, onde a maioria dos locais possui ventilação mecânica. No edifício I apenas foi feita a caracterização físico-química e no edifício E foram seleccionados quatro pontos críticos para uma análise dos parâmetros microbiológicos (fungos e bactérias). No Auditório Magno e nas salas H 306 e H 308 do ISEP foram efectuadas medições em contínuo para estudar a evolução do CO₂ ao longo do tempo. Foi utilizado um período de cerca de 2 horas, no caso do Auditório e, no caso das salas, o período de medição foi de igual ou superior a 8 horas.

Relativamente à avaliação efectuada ao edifício I concluiu-se que os parâmetros que apresentaram alguns valores acima das concentrações máximas de referência são: CO₂, CO, HCHO e PM10. No edifício E os parâmetros não conformes detectados foram: o CO₂ e PM10. Relativamente aos resultados dos COV's e do ozono, estes não foram conclusivos porque os sensores não estavam a responder correctamente. Relativamente aos parâmetros microbiológicos, obtiveram-se resultados não conformes na concentração de bactérias na sala E 127 da Biblioteca e no auditório.

A análise de CO₂ nos vários espaços estudados permitiu concluir que numa percentagem significativa das salas de aulas avaliadas, a ventilação existente (natural ou mecânica) é frequentemente insuficiente para garantir níveis adequados de CO₂, mesmo quando a ocupação das salas se encontra bastante aquém da sua capacidade máxima. Nas

medições em contínuo, verificou-se que os períodos sem ocupação (hora de almoço e intervalos entre aulas) não são suficientes para reduzir significativamente os níveis de CO₂ nas salas, observando-se um efeito cumulativo muito acentuado ao longo do dia.

Da inspecção ao sistema AVAC efectuada ao edifício E e da análise ao Plano de Manutenção verificou-se que poderia ser útil aplicar algumas medidas correctivas, que se sugerem.

Dados os resultados obtidos conclui-se que os edifícios I e E não estão conformes, ficando sujeitos a um PACQAI (Plano de Acções Correctivas de QAI).

Palavras-Chave: QAI, auditoria, poluentes, AVAC e Decreto-Lei n.º 79/2006.

Abstract

The growing concern about indoor air quality (IAQ), the existence of climatization systems (HVAC) without maintenance and its relationship with health problems led to the establishment of legal requirements regarding IAQ in buildings, published in Decree-Law .
º 79/2006.

This law requires that the IAQ audits include hygienic inspection of climatization systems, checking of the Maintenance Plan and the monitoring of the following pollutants: airborne particles, PM10, carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO), ozone (O₃), formaldehyde (HCHO), volatile organic compounds (VOC's), bacteria, fungi, *Legionella* and radon (only if applicable).

This study was conducted in two parts. The first stage consisted of a training for 3 months at SGS Portugal. During this period, it was possible to actively participate in audits of energy certification in IAQ (cinema rooms, banking facilities and others) and compiling the reports. In a second phase, an evaluation of indoor air quality in the ISEP installations, more specifically in building I, where there is only mechanical ventilation in the auditorium and in building E, where most sites have mechanical ventilation. In building I it was just done the physicochemical characterization. In building E, besides the physicochemical parameters evaluation, four critical points were selected for the analysis of microbiological parameters (fungi and bacteria). In the Magno Auditorium and in classrooms H306 and H308 of ISEP continuous measurements were made to study the evolution of CO₂ over time. A period of about 2 hours was used, in the case of the Auditorium and in the case of classrooms, the measurement period was more than 8 hours.

Regarding the assessment of building I, it was concluded that the parameters that had some concentration values above the maximum reference concentrations were: CO₂, CO, HCHO and PM10. In building E this was also observed with CO₂ and PM10. The results of VOC and ozone measurements were inconclusive because these sensors were not responding correctly. The concentration of bacteria in room E127 (Library) and in the Auditorium was found to be above the established limit.

The analysis of CO₂ in the different spaces studied showed that in a significant percentage of classrooms, the existing ventilation (natural or mechanical) is often insufficient to ensure adequate levels of CO₂, even when the occupancy of classrooms is far from its maximum capacity. In continuous measurements, it was found that periods without work (lunch time and breaks between classes) are not enough to significantly

reduce CO₂ levels in classrooms, where a very pronounced cumulative effect is observed along the day.

The inspection performed at the climatization system on building E and the analysis of the Maintenance Plan showed that it could be useful to apply some corrective measures suggested in this thesis.

Given the results obtained it may be concluded that the buildings I and E do not comply with IAQ requirements and must be subject to a PACQAI (Corrective Actions Plan IAQ).

Keywords: IAQ, audit, pollutants, HVAC e Decree-law n.º 79/2006.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 RELEVÂNCIA CRESCENTE DA QUALIDADE DO AR INTERIOR.....	1
1.2 ENQUADRAMENTO DO ESTÁGIO.....	3
1.3 BREVE APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	3
1.4 OBJECTIVOS	4
1.5 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	4
2. QUALIDADE DO AR INTERIOR: ESTADO DA ARTE	7
2.1 IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DO AR INTERIOR: PERSPECTIVA HISTÓRICA	7
2.2 SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE.....	8
2.3 POLUENTES DO AR INTERIOR E EFEITOS NA SAÚDE	9
2.3.1 Ozono.....	11
2.3.2 Monóxido de carbono.....	12
2.3.3 Formaldeído.....	13
2.3.4 Dióxido de carbono.....	15
2.3.5 Partículas	16
2.3.6 Compostos Orgânicos Voláteis	17
2.3.7 Radão.....	19
2.3.8 Poluentes Biológicos	20
2.3.8.1 Fungos e Bactérias	21
2.3.8.2 Legionella	22
2.4 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO	22
2.5 PARÂMETROS QAI CONSIDERADOS NO RSECE E AS ALTERAÇÕES PREVISTAS	27
3. SISTEMAS AVAC.....	29
3.1 INTRODUÇÃO	29
3.2 CLIMATIZAÇÃO	30
3.3 VENTILAÇÃO	31
3.4 UNIDADES TERMINAIS	32
3.5 VENTILOCONVECTORES.....	33
3.6 FILTROS.....	33
3.7 BOMBA DE CALOR	34
3.8 UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR.....	34
3.9 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO TIPO <i>SPLIT</i>	35
4. AVALIAÇÃO DE QAI NO ÂMBITO DO RSECE.....	37
4.1 PREPARAÇÃO DA AUDITORIA	37
4.1.1 Visita Preliminar	38

4.1.2	<i>Definição das Zonas de medição</i>	39
4.1.3	<i>Número Mínimo de Pontos de Medição</i>	40
4.1.4	<i>Número Mínimo de Pontos de Medição De Radão</i>	41
4.1.5	<i>Caracterização do edifício I e selecção dos pontos de amostragem</i>	41
4.1.5.1	Descrição dos espaços, actividades e sistemas de ventilação existentes	41
4.1.5.2	Seleccção dos pontos de amostragem	43
4.1.6	<i>Caracterização do Edifício E e selecção dos pontos de amostragem</i>	44
4.1.6.1	Descrição dos espaços, actividades e sistemas de ventilação existentes	44
4.1.6.2	Seleccção dos pontos de amostragem	48
4.2	AUDITORIA	50
4.2.1	<i>Parâmetros físicos, químicos e Biológicos avaliados</i>	50
4.2.1.1	Metodologias de amostragem e análise do Ar	51
4.2.1.2	Equipamentos utilizados nas Medições e na amostragem de ar	56
4.2.2	<i>Verificação do sistema AVAC</i>	58
4.2.3	<i>Plano de Manutenção Preventivo</i>	58
5.	RESULTADOS	63
6.	MEDIÇÕES EM CONTÍNUO DE CO₂ EM ESPAÇOS DIFERENTES DO ISEP	65
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	67
	REFERÊNCIAS	73
	ANEXOS	79

Índice de Figuras

Figura 1 Parâmetros que interferem na qualidade do ar interior	2
Figura 2 Representativo da formação do ozono troposférico	12
Figura 3 Representação das principais regiões do organismo afectadas pela fracção inalável, torácica e respirável [Fonte Santos,2001].....	17
Figura 4 Parâmetros que interferem nas concentrações obtidas de radão [Adaptado: Maroni <i>et al</i> , 1995].....	20
Figura 5 Influência da humidade relativa sobre as bactérias, vírus, fungos, ácaros, infecções respiratórias, alergias e produção de ozono.....	21
Figura 6 Representação das etapas existentes para a emissão do Certificado Energético nos edifícios novos e existentes	26
Figura 7 Extracção do ar no tecto e insuflação no chão: eficiência de 100%	32
Figura 8 Insuflação e extracção distanciadas; eficiência de 80%.....	32
Figura 9 Insuflação e extracção muito próximas; eficiência de 60%.....	32
Figura 10 Insuflação e extracção distanciadas; eficiência de 70%.....	32
Figura 11 Interior de uma unidade de tratamento de ar (UTA) [Fonte: Catalogo Ventilnorte, 2012]].....	35
Figura 12 Split de parede (unidade interna)	35
Figura 13 Split de tecto tipo cassete (unidade interna).....	35
Figura 14 Difusor linear de insuflação de ar do auditório I 301 por cima do quadro de giz	42
Figura 15 Pormenor do difusor linear de insuflação de ar limpo no auditório I 301	42
Figura 16 Grelha de extracção de ar ao fundo do auditório I 301	42
Figura 17 – Split de cassete do lado direito da biblioteca E 127	45
Figura 18 – Split de cassete do lado esquerdo da biblioteca E 127	45
Figura 19 – Ventilconvector da Biblioteca E 318 com alguma sujidade superficial.....	46
Figura 20 – Grelha de extracção de ar da biblioteca E 318 com alguma sujidade	46
Figura 21 – Insuflação de ar efectuada para o 2º E 249 e 3º piso E 318 (local aberto para ambos os pisos).....	47

Figura 22 – Sistema de aquecimento existente na biblioteca E 323 que anteriormente funcionava no Inverno (sistema implementado para apenas aquecer)	47
Figura 23 – Grelha de extracção de ar, suja na divisão dos sistemas informáticos E 307	47
Figura 24 – Grelha de insuflação de ar limpa na divisão dos sistemas informáticos E 307	47
Figura 25 – Ventiloconvector com sujidade superficial na divisão dos sistemas informáticos E 307.....	48
Figura 26 – Plano de manutenção do edifício I.....	60

Índice de Tabelas

Tabela 1 Parâmetros e poluentes do ar interior, fontes de emissão /causas e respectivos efeitos na saúde (Adaptado: Matos <i>et al</i> , 2010 e Nota Técnica NT-SCE-02, 2010) ..	10
Tabela 2 Âmbito de aplicação do regulamento – Vertente QAI (Decreto – Lei n.º79/2006)	24
Tabela 3 Alterações previstas nos poluentes e nos valores máximos de referência de concentração	27
Tabela 4 Classificação dos filtros e eficiência de filtração [Quadros,2008; France Air, 2011]	33
Tabela 5 Tipo de actividades desenvolvidas no edifício I e E.....	40
Tabela 6 Descrição das zonas funcionais de cada piso do Edifício I e número de pontos de amostragem (não inclui radão)	43
Tabela 7 Número de pontos de medição de radão no edifício I	44
Tabela 8 Descrição das zonas funcionais de cada piso.do edifício E, segundo as diferentes UTAs e número de pontos de amostragem (não incluído o radão).....	48
Tabela 9 Número de pontos de medição de radão no edifício E	50
Tabela 10 Métodos de Referência e Equivalentes para os parâmetros avaliados [Nota Técnica NT-SCE-02, 2010].....	53
Tabela 11 Especificações dos equipamentos utilizados na auditoria de QAI efectuadas ao ISEP. (Fonte: Catálogos e manuais dos equipamentos)	56

Acrónimos

AVAC	- Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado
ACGIH	- <i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
ADENE	- Agência para a Energia
APA	- Agência Portuguesa do Ambiente
ASHRAE	- <i>American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers.</i>
AQS	- Água Quente Sanitária
BRI	- <i>Building Related Illnesses</i>
DRE	- Doença Relacionada com o Edifício
EPA	- <i>(United States) Environmental Protection Agency</i>
FTIR	- <i>Fourier transform infrared spectroscopy</i>
HEPA	- <i>High Efficiency Particulate Air Filter</i>
IARC	- <i>International Agency for Research on Cancer</i>
NDIR	- <i>Non - Dispersive Infrared</i>
OMS	- Organização Mundial de Saúde
PID	- <i>Photo Ionization Detector</i>
PM 10	- Partículas em suspensão de tamanho inferior a 10 µm
PM 2,5	- Partículas em suspensão de tamanho inferior a 2,5 µm
PPM	- Partes por milhão
RSECE	- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SBS	- <i>Sick Building Syndrome</i>
SED	- Síndrome de Edifício Doente
TEAM	- <i>Total Exposure Assessment Methodology</i>
UFC	- Unidades Formadoras de colónias
ULPA	- <i>Ultra Low Penetration Air Filter</i>
UTA	- Unidade de Tratamento de Ar

- UTAN - Unidade de Tratamento de Ar Novo
- WHO - *World Health Organization*
- VRV - Volume de fluido variável

NOTA: Por questões de confidencialidade algumas partes do relatório não foram apresentadas.

1. INTRODUÇÃO

1.1 RELEVÂNCIA CRESCENTE DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

Há alguns anos atrás, as preocupações relativamente à qualidade do ar estavam associadas ao ar exterior, mas este paradigma tem mudado ao longo dos tempos. Actualmente, a população está mais sensibilizada, e associa alguns dos desconfortos sentidos nos locais de trabalho à possível má qualidade do ar interior. A ocupação humana, os equipamentos e os materiais existentes nos edifícios são na generalidade as principais fontes de poluentes no interior dos edifícios, fazendo com que a qualidade do ar interior seja normalmente inferior à qualidade do ar exterior. Existem outros factores de insalubridade como: sistemas de ventilação, ocupação (intensiva) dos espaços, cortinados, alcatifas, tipo de material de construção, fotocopiadoras, entre outros, que são capazes de gerar poluição.



Figura 1 Parâmetros que interferem na qualidade do ar interior

O conceito de qualidade do ar interior é complexo e integra diversos agentes e interações de factores. A Organização Mundial de Saúde, OMS, definiu a qualidade do ar interior como a “natureza física e química do ar interior, que é respirado pelos ocupantes, que produz o estado completo mental, físico, social e bem-estar dos ocupantes e não meramente a ausência de doença e enfermidade” (*Government Hong Kong, 2003*).

A importância dada aos problemas associados à qualidade de ar interior (QAI) deve-se às alterações do modo de vida de pessoas e da construção de novas tipologias de edifícios. Ao longo dos tempos, as pessoas tornaram-se mais exigentes com a saúde e como tal surgem novas preocupações que no passado eram irrelevantes para a comunidade científica.

Actualmente, a *United States Environmental Protection Agency (EPA)* e a OMS têm vindo a considerar os problemas da QAI um dos principais riscos ambientais para a Saúde Pública. Estudos indicam que as pessoas passam cerca de 90% do tempo em ambientes confinados (*Ramos et al, 2008*).

O controlo da qualidade do ar interior é efectuado com a finalidade de evitar que os poluentes perigosos atinjam concentrações que possam colocar em risco a saúde dos ocupantes e de forma a garantir o conforto dos mesmos. Assim sendo, estes poluentes podem ter efeitos que vão desde a sensação de mal-estar até mesmo à morte, como é o caso de intoxicações por monóxido de carbono.

Os sistemas de ventilação artificial interferem na qualidade do ar interior, pois fornecem ar novo aos edifícios, ar do exterior, e asseguram a extracção do ar interior contaminado. A introdução de ar novo pode promover a diluição dos contaminantes presentes no interior dos edifícios, caso tenha baixos teores de poluentes. Contudo, se a manutenção dos sistemas não for adequada podem provocar problemas.

Em Portugal, a legislação existente para avaliar a qualidade do ar interior é regulamentada pelo RSECE, Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril). Para além deste, foram criados documentos técnicos que descrevem as directrizes relativas à QAI, nomeadamente um Guia Técnico da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) “Qualidade do ar interior em espaços interiores” (2010) e a Nota Técnica NT-SCE-02 (2009) que descreve as metodologias da avaliação da qualidade do ar.

O grande desafio futuro será construir edifícios saudáveis e ecologicamente sustentáveis, permitindo alcançar uma boa qualidade do ar interior e um bom desempenho energético.

1.2 ENQUADRAMENTO DO ESTÁGIO

O estágio curricular foi proposto pela empresa – Sociedade Geral de Superintendência, SGS, com a duração de 3 meses para a realização de trabalho de campo e de elaboração de relatórios na área de Certificação Energética de Edifícios – Vertente QAI. Durante o estágio realizaram-se visitas de campo com a finalidade de efectuar os respectivos relatórios à auditoria de QAI. Para além das auditorias de QAI, no âmbito do Certificação Energética, CE, foram efectuadas avaliações de qualidade do ar em edifícios de serviços incluindo salas de cinema e instalações bancárias e medições de agentes químicos em empresas que têm como actividade - combustíveis.

1.3 BREVE APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O Grupo SGS foi fundado em 1878, com sede em França. Em 1919, a Administração transferiu a sede para a Suíça, optando por Genève, onde se encontra ainda hoje.

Actualmente, a empresa está presente em mais de 140 países, possui 850 escritórios, 340 laboratórios e conta com a colaboração de aproximadamente 40 000 empregados. Ao longo dos tempos, a SGS foi-se adaptando às necessidades do mercado. Nas primeiras décadas da empresa, o seu campo de intervenção passava pela área da inspecção e verificação ao nível do sector primário da economia, mais ligado aos graneis de cereais e outros produtos agrícolas. Hoje em dia, a grande parte da actividade desenvolve-se na certificação, análise, inspecção e verificação de todo o tipo de

produtos, equipamentos e edifícios. Para além disso, presta serviços de consultadoria e formação.

1.4 OBJECTIVOS

Neste subcapítulo apresentam-se os objectivos definidos para a elaboração da dissertação.

Foram estabelecidos como objectivos para este trabalho:

- a realização de um estágio curricular na Empresa SGS Portugal - Sociedade Geral de Superintendência, SGS, visando o aperfeiçoamento e aplicação de conhecimentos na área da Certificação Energética de Edifícios - vertente QAI;
- avaliação da qualidade do ar interior em dois edifícios do ISEP com sistemas de ventilação mecânica: edifício I (ventilação existente em apenas 3 auditórios) e edifício E; com esta avaliação QAI no edifício E pretende-se também fazer uma comparação com os resultados obtidos numa avaliação anterior (2010) e, se possível, quantificar parâmetros microbiológicos, aspecto que foi inconclusivo na avaliação anterior;
- avaliação do teor de CO₂ em diferentes espaços, ao longo do tempo, tendo em vista testar a aplicabilidade da metodologia de cálculo proposta para a correcção das concentrações de CO₂ em espaços interiores, na regulamentação em vigor (Nota Técnica NT-SCE-02, 2010)

1.5 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

No segundo capítulo apresenta-se o Estado da Arte sobre qualidade do ar interior. Neste capítulo, é apresentada a importância da QAI e a sua perspectiva histórica, as doenças relacionadas com os edifícios, os poluentes que são monitorizados na avaliação de QAI e os respectivos impactes na saúde dos ocupantes dos edifícios. Por fim, faz-se o enquadramento legislativo relativo à qualidade do ar interior e às alterações previstas no Decreto-Lei n.º 79/2006.

No terceiro capítulo é efectuada uma breve descrição dos sistemas AVAC, referindo o tipo de equipamentos utilizados nestas unidades, como os filtros e ventiladores. Incluem-se também na descrição os equipamentos que são capazes de fazer ventilação e os que apenas conseguem efectuar climatização.

No quarto capítulo apresenta-se a metodologia de avaliação de QAI segundo o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE – Decreto-Lei n.º 79/2006) e a definição do número mínimo de pontos de amostragem para análise dos parâmetros físico-químicos, aplicando-os aos casos objecto de estudo. Nesse

sentido, faz-se a caracterização dos edifícios I e E do ISEP, incluindo os respectivos sistemas de ventilação e ar condicionado e analisam-se os planos de manutenção existentes. Faz-se ainda a descrição dos equipamentos de medição utilizados na auditoria.

No quinto capítulo são apresentados todos os resultados dos dados obtidos das medições efectuadas nos edifícios I e E, bem como das medições de CO₂ em contínuo efectuadas nas salas H 308, H 306 e no Auditório Magno.

Na fase final da dissertação são apresentadas as conclusões principais e possíveis medidas de melhoria.

2. QUALIDADE DO AR INTERIOR: ESTADO DA ARTE

2.1 IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DO AR INTERIOR: PERSPECTIVA HISTÓRICA

No século XVIII, Benjamin Franklin escreveu sobre os efeitos dos fumos de lareiras em salas fechadas, relacionando-os com problemas associados à contaminação do ar interior e salientado a importância de construir chaminés apropriadas (Madureira, 2005).

A evolução e pesquisa sobre a qualidade do ar interior estão relacionadas com o ar exterior. As primeiras medições efectuadas para avaliar a qualidade do ar interior datam de 1960 (Spengler *et al*, 2000).

Em 1978, Fanger e Valbjorn organizaram a primeira conferência internacional sobre qualidade do ar interior. Nesta conferência participaram cerca de 194 pessoas de 20 países diferentes (Olesen, B; Wargocksi, P, 2008).

Em 1980 a EPA *Total Exposure Assessment Methodology (TEAM) Study* forneceu um modelo de avaliação exaustivo da contribuição do ar interior e exterior à exposição humana. Neste estudo chegou-se à conclusão que relativamente aos compostos orgânicos voláteis, os níveis de concentração no interior de edifícios são normalmente mais significativos que no exterior (Spengler *et al*, 2000).

Nos últimos anos tem-se verificado uma preocupação crescente com os problemas de saúde e a relação destes com edifícios, sendo desta forma criada legislação de modo a avaliar a exposição a que os ocupantes dos edifícios estão expostos.

Apesar de existirem problemas anteriores associados à ineficiente qualidade do ar interior só a partir de 1980 é que os meios de comunicação começaram a dar importância ao conceito de Síndrome de Edifício Doente (Spengler *et al*, 2000).

2.2 SÍNDROME DO EDIFÍCIO DOENTE

A má qualidade do ar interior em edifícios reflecte-se directamente na saúde e na produtividade dos seus ocupantes. As investigações relativamente aos problemas de saúde associados aos edifícios surgiram a partir de 1980. Em 1983 a OMS atribuiu a esse problema uma síndrome conhecida como “Síndrome de Edifício Doente (SED) ou SBS, “*Sick Building Syndrome*” (Wong *et al*, 2009; Spengler *et al*, 2000).

Os sintomas associados à SED são: dores de cabeça, tonturas, náuseas, fadiga, problemas cutâneos e perturbações no sistema respiratório. Um edifício é considerado doente quando os sintomas persistem mais de duas semanas e desaparecem quando os ocupantes saem do edifício (Burroughs *et al*, 2008, Hellsing, 2009).

Os sintomas relacionados com a SED estão estabelecidos, mas ainda são desconhecidas as causas exactas, porque ao avaliar o edifício, as concentrações dos poluentes medidos podem não ser significativas e serem identificados problemas da SED. Este facto pode ser devido a não serem contabilizados todos os poluentes existentes no edifício, pois normalmente apenas são avaliados os poluentes estabelecidos por Lei. Pode ainda ser devido à ocorrência de efeitos de sinergia entre os diferentes poluentes, que também não é contabilizada na avaliação habitual da QAI. Para além dos poluentes, existem outros factores preponderantes como a temperatura e humidade que influenciam o conforto térmico e a qualidade do ar. É importante referir que a SED não surge apenas nos locais de trabalho, mas também nas próprias habitações (Wong *et al*, 2009; Matos *et al*, 2010).

Para além da SED existem outras doenças relacionadas com os edifícios, designadas por DRE (Doença Relacionada com o Edifício) ou BRI (*Building Related Illnesses*). A DRE está relacionada com contaminantes específicos do edifício. Ao contrário da SED, a DRE é especificamente diagnosticada e pode ser dividida em dois grupos: doenças infecciosas e doenças de hipersensibilidade. Algumas destas doenças são: doença dos Legionários e tuberculose. A grande diferença destes dois conceitos, SED e DRE, é que na DRE o

problema não se resolve apenas com a saída dos ocupantes do edifício (Spengler *et al*, 2000).

2.3 POLUENTES DO AR INTERIOR E EFEITOS NA SAÚDE

As fontes de poluição no interior de edifícios estão directamente relacionadas com os sistemas AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), com o ar exterior, com os ocupantes e materiais de construção. Nos edifícios, existe troca de ar entre o exterior e o interior através das infiltrações, da ventilação natural, ou de sistemas de ventilação artificial, pelo que a qualidade do ar interior pode ser influenciada pela qualidade do ar exterior, dependendo do meio de propagação. A arquitectura moderna levou ao desenvolvimento de novos materiais sintéticos quer a nível de construção civil quer de equipamento de escritórios, que introduziram novas fontes de contaminação interna.

A maior parte das fontes de emissão de poluentes atmosféricos (indústria, transportes) afecta directamente o ar exterior. No entanto, pode-se verificar que as concentrações de poluentes no interior dos edifícios podem ser superiores às que se observam no ar ambiente exterior, devido à menor taxa de diluição do ar (Souto, 1999).

Existem factores como a temperatura e a humidade que podem agravar ou minimizar a concentração dos poluentes. Se forem efectuadas avaliações de QAI em diferentes estações do ano, mas nas mesmas condições, as concentrações obtidas dos poluentes serão diferentes.

O Regulamento do Sistema Energético e climatização de Edifícios (RSECE) regulamentou os poluentes que devem ser amostrados para efectuar uma análise da qualidade do ar: as partículas em suspensão PM10, dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), formaldeído (HCHO), compostos orgânicos voláteis (COV_{totais}), radão, bactérias, fungos e *legionella*.

A WHO publicou um guia "*WHO Guidelines for indoor air quality: selected pollutants*" descrevendo os poluentes químicos presentes no ar interior, os respectivos riscos, propriedades tóxicas e os efeitos na saúde. Os poluentes referidos no documento são: benzeno, monóxido de carbono, formaldeído, naftaleno, dióxido de azoto, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos especialmente o benzo(a)pireno, radão, tricloroetileno e tetracloroetileno (WHO, 2010).

Ao analisar os poluentes indicados pelo RSECE e pela WHO verifica-se que não são exactamente os mesmos. A WHO considera as partículas PM2,5 e PM10 e especifica alguns dos COV'S, como o benzeno, benzo(a)pireno tricloroetileno e tetracloroetileno devido ao seu elevado grau de toxicidade. O RSECE (Decreto-Lei n.º79/2006) estabelece

a obrigatoriedade de quantificar as partículas PM10 e os COV's totais. Os COV's devem ser identificados e avaliados individualmente, apenas quando os valores da concentração total são superiores ao valor limite.

No entanto, está prevista uma actualização da legislação actual (Decreto-Lei n.º79/2006), em que será introduzida a avaliação das partículas PM2,5 e alguns dos compostos analisados sofrerão alterações no valor limite de concentração. Prevê-se que a concentração máxima de COV's e CO₂ seja mais elevada, enquanto que a concentração de CO e PM10 seja inferior à actualmente estabelecida (Pinto, 2012).

Os parâmetros, fontes e causas descritos pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) que afectam a qualidade do ar estão listados na tabela 1.

Tabela 1 Parâmetros e poluentes do ar interior, fontes de emissão /causas e respectivos efeitos na saúde (Adaptado: Matos *et al*, 2010 e Nota Técnica NT-SCE-02, 2010)

Parâmetros e Poluentes	Fonte /Causa	Efeitos na Saúde
Temperatura e Humidade	Deficiente controlo de humidade, número de equipamentos, densidade de ocupação, incapacidade do edifício compensar as alterações climáticas	Desconforto térmico, dermatoses, aumento da irritabilidade, perda de concentração
Dióxido de carbono	Combustão e respiração	Dores de cabeça, cansaço e falta de ar
Monóxido de carbono	Combustão, emissões gasosas e fumo de tabaco	Dores de cabeça, náuseas, vertigens e cansaço
Formaldeído	Madeira prensada, espumas, colas, carpetes, mobiliário e papel químico	Irritação nos olhos, nariz e garganta
Partículas, PM10	Fumo, entradas de ar, isolamento de tubagens (lã de rocha ou de vidro), carpetes e filtros AVAC	Olhos secos, irritação no nariz e garganta, irritação na pele, tosse, espirros e problemas respiratórios
Ozono	Reacções ocorridas entre poluentes exteriores e o sol	Irrita o tracto respiratório, podendo provocar dificuldades respiratórias
Radão	Infiltração através das paredes da radiação natural.	Carcinogénico

Parâmetros e Poluentes	Fonte /Causa	Efeitos na Saúde
Compostos orgânicos voláteis, COV's	Impressoras, fotocopiadoras, computadores, carpetes, produtos de limpeza, mobiliário, fumo de tintas, adesivos, perfume, laca e solventes	Odores, sintomas de alergia, vertigens e dores de cabeça
Microrganismos	Torres de refrigeração e condensados das torres de arrefecimento, desumificadores, água estagnada em sistemas AVAC* e materiais molhados e húmidos	Sintomas de alergia

*AVAC - Aquecimento, Ventilação e ar condicionado.

De seguida serão descritos os poluentes cuja análise é actualmente exigida pela lei portuguesa para avaliar a QAI. As concentrações máximas de referência, expressas em massa/volume, referem-se à temperatura de 20 °C e à pressão de 1 atm (101,325 kPa).

2.3.1 OZONO

É um poluente secundário que se pode encontrar na fase gasosa, sendo este muito instável e explosivo. Apesar do ozono ser considerado um poluente, este pode ser benéfico para a vida na Terra quando se encontra na zona da estratosfera porque comporta-se como um filtro aos raios ultravioletas provenientes do sol. Relativamente ao ozono troposférico, este é um poluente perigoso, pois pode causar danos graves mesmo quando está presente em baixas concentrações.

Este composto pode ser formado a partir de reacções que ocorrem entre os COV's, os óxidos de azoto e outros poluentes, na presença de luz solar (Figura 2).

Geralmente este poluente é encontrado em concentrações mais significativas, com maior frequência, em ambientes urbanos devido ao maior nível de poluição relativamente aos meios rurais. Devido à variação da intensidade da radiação solar ao longo do dia, o nível do ozono pode atingir o seu pico no início da tarde devido à ocorrência da intensa radiação solar e à acumulação de poluição devido ao tráfego automóvel. No final da tarde, a concentração de ozono diminui após a reacção com hidrocarbonetos insaturados e os NOx.

O ozono também pode ser libertado em locais onde existam fotocopiadoras, impressoras a laser, motores eléctricos e de combustão (Reger, 1997).



Figura 2 Esquema representativo da formação do ozono troposférico

Impactes na saúde:

Os efeitos da exposição humana a este poluente podem ser diferentes dependendo da idade, estado físico da pessoa e do nível de concentração do poluente. Os efeitos a curto prazo geralmente incluem sintomas a nível respiratório, irritação nos olhos e na garganta. Em situações mais graves pode penetrar nas vias respiratórias afectando os brônquios e os alvéolos pulmonares

Um grupo de adultos saudáveis foi submetido durante 6 horas à exposição de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozono e foi verificada uma diminuição da actividade pulmonar. Estudos em crianças e adolescentes verificaram que quando estão expostos entre 120 e $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante pouco tempo a actividade pulmonar decresce. A população asmática é a que mais se ressentem com este tipo de poluição, podendo mesmo levar ao internamento hospitalar (WHO,2000).

Valor máximo de referência no ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006):

A legislação portuguesa impõe que a concentração não exceda os $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ no interior de edifícios.

2.3.2 MONÓXIDO DE CARBONO

Este poluente é primário sendo libertado nos processos de combustão incompleta de combustíveis fósseis e materiais que contenham carbono na sua composição. Existe na atmosfera com uma concentração média de 1 ppm em volume ou $1,145 \text{ mg}/\text{m}^3$. (Splenger

et al, 2001) A forma deste chegar ao interior das habitações e de outros espaços é através das escadas comuns e dos sistemas de ventilação (Matos *et al*, 2010).

Em ambientes fechados sem ventilação, este composto pode tornar-se asfíxiante devido ao seu elevado grau de toxicidade. Não é detectado visualmente nem ao nível do olfacto, sendo pois um gás incolor e inodoro.

Quando não existe fonte de emissão, ou seja combustões, a concentração de monóxido de carbono geralmente é inferior nos ambientes interiores do que no exterior. Estudos efectuados (EPA) demonstram que indivíduos que vivem em edifícios de não fumadores estão expostos a concentrações entre 2 e 4 ppm de CO. Em edifícios que contenham fogões a gás, essas concentrações poderão chegar aos 6 ppm. (Jones, 1999)

Impactes na saúde:

Este poluente em relação aos restantes monitorizados no interior dos edifícios é o que provoca mais mortes acidentais ou suicidas.

Cerca de 80 % do monóxido de carbono absorvido tem a capacidade de se ligar à hemoglobina (Hb) diminuindo assim o transporte de oxigénio do sangue para as células do corpo. O CO tem uma afinidade 200 vezes maior em ligar-se a hemoglobina do que o oxigénio, formando-se a carboxihemoglobina (COHb) em vez da oxihemoglobina (O₂Hb), diminuindo assim a oxigenação das células. Este poluente quando ligado a hemoglobina é considerado um asfíxiante sistémico (Jones, 1999). Se forem detectados níveis entre 5,1 – 8,2 % de COHb podem ocorrer problemas neurológicos afectando o desempenho cognitivo. A exposição elevada ao monóxido de carbono pode provocar problemas de visão, diminuir a capacidade intelectual, dores de cabeça, náuseas, fadiga, dor no peito e confusão. Os sintomas podem ser confundidos com uma gripe (Raub, 2000; Timothy, 1993).

O CO é considerado fatal se a concentração atingir os 1950 ppmv (*Government Hong Kong*, 2003).

Valor máximo de referência no ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006):

A legislação portuguesa impõe que a concentração não exceda os 12,5 mg/m³ no interior de edifícios.

2.3.3 FORMALDEÍDO

À temperatura ambiente, o formaldeído é um gás incolor, inflamável, altamente reactivo com algumas substâncias e liberta um odor picante. Este pode ser libertado para o interior através dos materiais de construção, como a madeira, contraplacados e espumas

de isolamento, cosméticos, produtos de limpeza, carpetes, tintas e desinfectantes. O fumo do tabaco contém formaldeído, e também por isso deve-se evitar fumar em sítios fechados (USCPSC, 1997 e USEPA,2006).

Este composto é considerado um composto orgânico volátil, mas tem sido tratado separadamente dos COV's porque não é detectado pelo método de cromatografia gasosa como os restantes COV's. Os métodos geralmente utilizados para a avaliação de formaldeído são: tubos colorimétricos, monitores electroquímicos e amostrados de passivação.

O formaldeído tem atraído a atenção dos investigadores porque este composto é encontrado com maior frequência no ambiente interior e com maior concentração do que no ambiente exterior.

As emissões de formaldeído libertadas pelos materiais nos edifícios recentes são mais elevadas do que nos edifícios antigos, pois nos mais recentes as moléculas de formaldeído apresentam-se sob a forma livre. A intensidade de libertação de formaldeído diminui ao final dos primeiros meses e depois mantém-se num valor baixo. Ao fim de 5/10 anos a probabilidade de emissão por parte dos materiais de construção é pouco provável.

A concentração deste composto irá depender de três condições: a temperatura, humidade e a taxa de ventilação/renovação do ar. Quanto maior for a temperatura e a humidade maior será o nível de formaldeído. Em dias secos e frios o nível detectado de formaldeído é menor (Jones,1999).

A U.S.CPSC (*United States Consumer Product Safety Commission*) referencia que o valor normal de concentração de formaldeído deverá estar abaixo de 0,03 ppmv (USCPSC, 1997).

Impactes na saúde:

A exposição sistemática a este composto desperta a sensibilidade das mucosas e pode provocar silenciosamente o cancro.

Quando a concentração deste composto se encontra acima de 0,1 ppmv os sintomas associados são: dores de cabeça, náuseas, cansaço, reacções alérgicas, problemas de concentração, ansiedade, asma, irritação cutânea e irritação ocular e da garganta.

Actualmente, este composto é classificado pela EPA e pela IARC (*International Agency for Research on Cancer*) um agente carcinogénico humano. Estudos epidemiológicos realizados a adultos, demonstraram uma significativa associação entre o cancro do trato respiratório (nariz/garganta/faringe), cancro cerebral e do sistema nervoso central e o

formaldeído. Nas crianças, o composto foi associado a irritações ocorridas na pele, olhos e a nível respiratório (EPA, 2006; Nicolas, 2008 e EPA 2010).

Valor máximo de referência no ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006):

O limite estabelecido pela legislação portuguesa para o formaldeído é de 0,1 mg/m³ ou 0,08 ppmv.

2.3.4 DIÓXIDO DE CARBONO

O dióxido de carbono, à temperatura ambiente, é um gás incolor, inodoro, não inflamável e é um constituinte naturalmente presente na atmosfera (330 - 350 ppm).

O CO₂ resulta dos processos de combustão, produção de energia e da exalação dos seres vivos devido às reacções de metabolização. Segundo o Guia Técnico da APA as pessoas libertam cerca de 0,3 L/min CO₂ quando executam tarefas leves. Assim sendo, geralmente a concentração deste poluente está relacionada com o número de ocupantes.

Geralmente, este poluente é utilizado como indicador de nível de poluição nos ambientes interiores e é usado como uma ferramenta para avaliar a eficiência dos sistemas de ventilação.

Segundo Jones, a concentração deste poluente em espaços interiores varia entre os 700 e 2000 ppm, mas pode exceder os 3000 ppm com a utilização de equipamentos e devido à elevada taxa de ocupação. Estas concentrações podem variar de acordo com o tamanho do espaço, hora do dia, nível de actividade física, mas a sua tendência é aumentar ao longo do dia. Geralmente este composto apresenta uma relação de concentrações entre o ar interior e o ar exterior numa gama de 1 a 3 (Jones, 1999).

Estudos consideram que apenas ocorrem danos significativos para a saúde quando há exposição a este poluente em concentrações superiores a 30 000 ppm (Jones, 1999).

Estudos efectuados pela ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) em 2001 demonstraram que as pessoas que realizam actividades sedentárias exalam cerca de 0,31 L/min de CO₂ e inalam 0,36 L/min de O₂, e quando submetidas a uma taxa de ventilação de 7,5 L/s por pessoa o grau de satisfação obtido é aproximadamente 80%. Nestas condições, o valor de CO₂ estimado seria de 700 ppm. Mas, apesar do grau de satisfação das pessoas ser elevado, a ASHRAE Standard 62-1989, recomenda uma taxa mínima de ventilação de 10 L/s por pessoa (ASHRAE, 2001).

Estudos revelam que existe uma relação directa entre o aumento dos níveis de CO₂ e a prevalência dos sintomas da síndrome do edifício doente (SED). Foram efectuados 22

estudos onde o CO₂ foi medido em mais de 400 edifícios situados no Norte da América, Europa e Ásia. Os resultados revelaram que em metade dos estudos foi possível atribuir uma associação positiva entre o CO₂ e a SED. Os sintomas da SED associados à concentração de CO₂ incluem: dor de cabeça, cansaço, fadiga e sintomas do tracto respiratório e nasal. Nesse mesmo trabalho, quando se considerou que existia apenas ventilação mecânica a associação entre estes parâmetros, SED e CO₂, atinge 70 %. O estudo ainda revela que se se aumentar a taxa de ventilação para 20 L/s irá diminuir significativamente a associação do CO₂ com a SED (Michael, 2000).

Impactes na saúde:

O nível de concentração deste poluente geralmente presente nos espaços interiores leva à verificação que este não é perigoso para a saúde humana devido à reduzida toxicidade que ele apresenta.

Em exposição superior a 30 000 ppmv provoca dores de cabeça, náuseas e tonturas (Jones, 1999).

Valor máximo de referência no ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006):

O limite estabelecido pela legislação portuguesa para o CO₂ é de 1800 mg/m³ ou 984 ppmv.

2.3.5 PARTÍCULAS

As partículas suspensas respiráveis são definidas por partículas suspensas com um diâmetro aerodinâmico inferior ou igual a 10 micrómetros (µm) (*Government of Hong Kong*, 2003).

As partículas encontram-se subdivididas em fracções respiráveis, inaláveis e torácicas.

- Fracção inalável: é a fracção de partículas que passa pelas narinas e pela boca e pode entrar no trato respiratório durante a inalação;
- Fracção torácica: é um conjunto de partículas que são pequenas o suficiente para passar pela laringe e entrar nos pulmões durante a inalação;
- Fracção respirável: é uma fracção de partículas que são capazes de entrar nos alvéolos pulmonares durante a inalação.

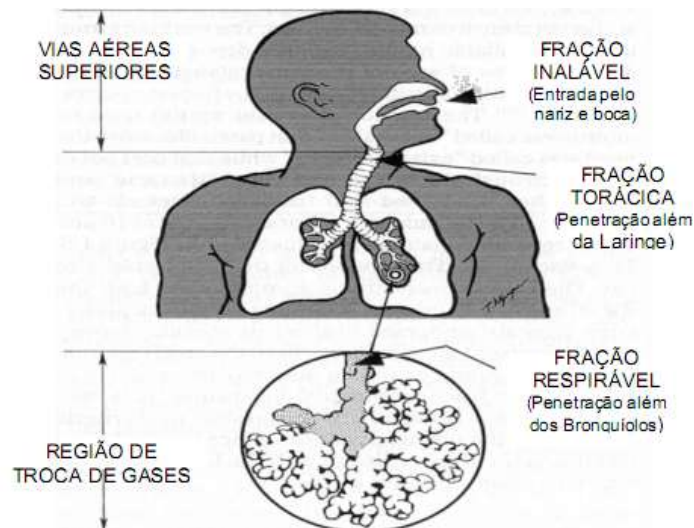


Figura 3 Representação das principais regiões do organismo afectadas pela fracção inalável, torácica e respirável [Fonte Santos,2001]

Este poluente apenas afecta a saúde humana quando os tamanhos se encontram entre os 0,1 e 10 μm , ou seja, quando se trata de partículas inaláveis e respiráveis. Entre estas partículas, as consideradas mais perigosas para o ser humano são as respiráveis (tamanho aerodinâmico inferior a 4 μm) dado que estas não ficam retidas no tracto respiratório superior e passam aos alvéolos pulmonares e para a corrente sanguínea (Jones,1999).

Impactes na saúde:

Níveis elevados deste poluente podem causar alergias, irritação nos olhos e nariz, tosse, espirros e dificuldades respiratórias, podendo ser mais nefastas consoante a sua constituição e concentração, podendo levar a problemas mais graves como asma, bronquite ou até mesmo problemas de cancro se estiverem expostos por exemplo a fibras de amianto.

Valor máximo de referência no ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006):

O limite estabelecido pela legislação portuguesa para as partículas PM10 é de 0,15 mg/m^3

2.3.6 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

Um composto orgânico contém pelo menos um átomo de carbono e um de hidrogénio na sua estrutura molecular. Os compostos orgânicos podem classificar-se em compostos orgânicos voláteis, compostos orgânicos semi-voláteis, compostos orgânicos muito voláteis e compostos orgânicos associados a matéria particulada (Matos *et al*, 2010). O

composto orgânico volátil tem um ponto de ebulição que varia entre os 50°C e os 260°C (Jones,1999).

Existem milhares de compostos químicos, sintéticos e naturais que podem ser designados de compostos orgânicos voláteis (COV's).

Estes compostos geralmente são perceptíveis pelos efeitos sensoriais como por exemplo: irritação nos olhos e nas vias respiratórias e dores de cabeça.

Jensen e Wolkoff (2001) defendem que a qualidade do ar interior também deve ser avaliada pelos efeitos sensoriais das substâncias.

Estudos revelaram que os níveis de COV's no ambiente interior podem atingir concentrações 5 vezes superiores relativamente às encontradas no exterior (Brown *et al*, 1994; Lee *et al* 2002).

Os COV's podem ser libertados por diferentes tipos de fontes como: tintas, revestimentos, gasolinas, carpetes, agentes de limpeza, fotocopiadoras com processo líquido, fontes de combustão, tecidos, entre outros (Matos *et al*, 2010).

Nos edifícios novos as concentrações de COV's geralmente são mais elevados do que nos edifícios mais antigos.

Impactes na saúde:

A exposição humana a concentrações entre 0,3 e 3 mg/m³ pode provocar irritação, desconforto e *stress*; acima de 3 mg/m³ pode-se verificar a existência de queixas e acima dos 25 mg/m³ pode ser identificado desconforto e irritação respiratória (Guia Técnico - APA, 2010).

Estudos revelam que indivíduos expostos em concentrações superiores a 0,03 mg/m³ sentiram cefaleias, sonolência, fadiga e confusão (Madureira, 2005).

Na Austrália, por exemplo, a concentração estabelecida para residências foi de 1,13 mg/m³ e para edifícios novos é de 4,00 mg/m³, estes valores comparativamente com a legislação portuguesa é mais permissiva. Em concentrações superiores a 18 mg/m³ são observados problemas de irritação nos humanos (Brown,1997).

Valor máximo de referência no ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006):

O limite estabelecido pela legislação actual em vigor para a concentração total de COV's é de 0,6 mg/m³.

2.3.7 RADÃO

O radão é um gás radioactivo, inodoro e insípido libertado naturalmente pelo solo ou rochas através do decaimento natural do urânio, sendo a concentração apresentada em Becquerel por metro cúbico (Bq/m³). Os níveis mais elevados de radão encontram-se em regiões de solos ou rochas mais ricas em urânio, ou seja, as zonas graníticas são mais afectadas por este poluente natural (EPA, 2009).

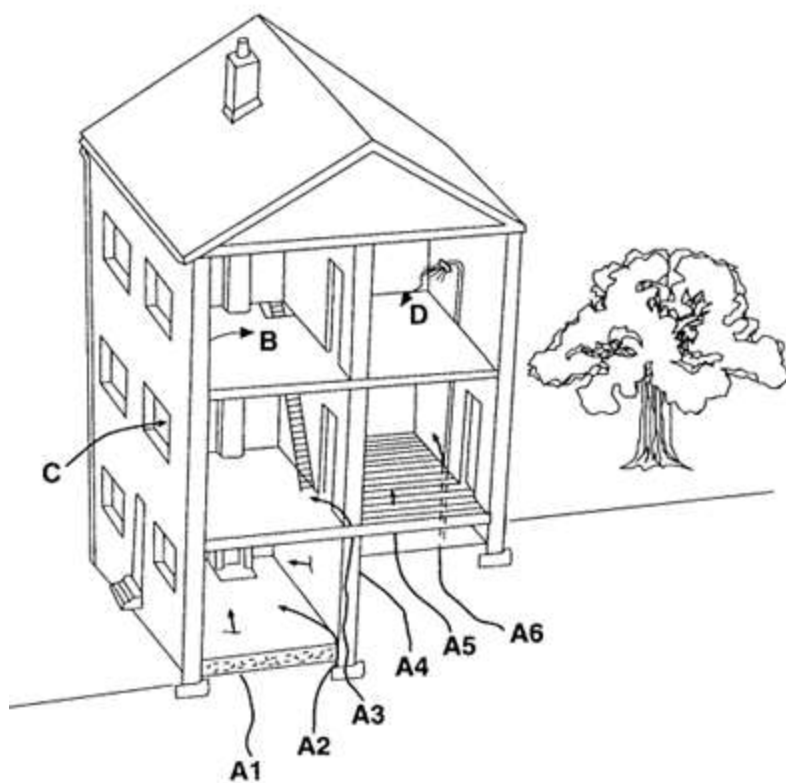
O radão resulta da decomposição do urânio 238 (U²³⁸) e tem um tempo de meia vida de 3 dias difundindo-se através das rochas e do solo.

Este composto foi encontrado no interior dos edifícios em 1950, mas só a partir de 1970 é que foram conhecidas as implicações na saúde e começou a ser considerado uma preocupação (Spengler *et al*, 2000).

As concentrações de radão no exterior rondam os 10 Bq/m³, enquanto a nível interior este pode atingir valores superiores a 400 Bq/m³ e em casos mais extremos chegar aos 1000 Bq/m³ (Fonte: www.itn.pt/docum/relat/radao/itn_gas_radao.pps).

Em Portugal, apenas é obrigatório efectuar a amostragem de radão nas zonas sinalizadas com elevados níveis de radão, nomeadamente os distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco.

Num edifício, verifica-se que os níveis mais elevados são detectados nos pisos inferiores, ou seja, nas caves. A existência de fendas, paredes graníticas ou pavimentos permeáveis nos edifícios, leva ao aparecimento de radão no interior das casas (Figura 4). No entanto, a melhor forma de diminuir os níveis de radão é através da ventilação natural com a abertura das janelas (Matos *et al*, 2010).



Legenda: Entrada de radão pelas:
 A1 – fendas dos pisos, A2 – juntas de construção; A3 - fendas das paredes; A4 – fendas das paredes abaixo do nível do solo; A5 – lacunas no chão; A6 – lacunas em volta dos tubos; B – radão exalado pelos materiais de construção; C – entrada de radão pelo exterior; D – Radão libertado pela água.

Figura 4 Parâmetros que interferem nas concentrações obtidas de radão [Adaptado: Maroni *et al*, 1995]

Impactes na saúde:

O principal dano provocado pelo radão é essencialmente a nível dos tecidos pulmonares que podem levar ao desenvolvimento de cancro. A *IARC* considera este poluente cancerígeno humano (*WHO*, 2010).

Valor máximo de referência no ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006):

O limite estabelecido pela legislação portuguesa para a concentração de radão é de 400 Bq/m³.

2.3.8 POLUENTES BIOLÓGICOS

A análise dos poluentes biológicos é muito importante porque os sistemas de ventilação, ar condicionado e a presença de matéria orgânica (madeira, comida e revestimento de paredes) existentes nos edifícios promovem o seu desenvolvimento, ou seja, os principais meios de contaminação existem no próprio interior do edifício. Para níveis de humidade relativa entre os 50 e 70% não há favorecimento do crescimento de microorganismos (Madureira, 2005).

Na Figura 5 mostra-se a influência/relação da humidade com a concentração de microorganismos e, conseqüentemente o aparecimento de alergias, asma, infecções respiratórias que afectam directamente a saúde.

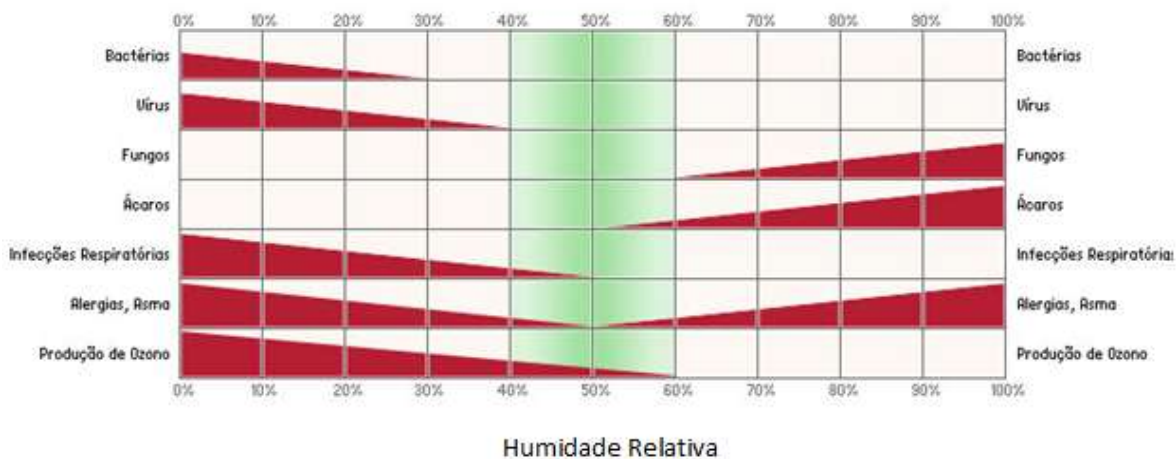


Figura 5 Influência da humidade relativa sobre as bactérias, vírus, fungos, ácaros, infecções respiratórias, alergias e produção de ozono

(Fonte: <http://www.megaclima.pt/precario-desumidificador-comercial.php>)

Nos pontos seguintes estão descritos os problemas associados aos fungos e bactérias. É de constatar que apesar de a *Legionella* ser considerada uma bactéria é estudada separadamente das outras bactérias. A amostragem destas bactérias é efectuada de forma diferente, ou seja, a *Legionella* é “recolhida” em meio líquido e as restantes bactérias são recolhidas em meio semi-sólido.

2.3.8.1 FUNGOS E BACTÉRIAS

Os microrganismos detectados nos ambientes exteriores não são muito diferentes dos obtidos no interior. Nos ambientes interiores o aparecimento das bactérias do género *Bacillus* e *Micrococcus* são as mais comuns. As espécies associadas aos sistemas AVAC que geralmente causam problemas na saúde humana são as: *Pseudomonas* spp especialmente a *Pseudomonasa aeruginosa*, *Flavobacterium* spp, *Staphylococcus pyogenes*, *Serratia marscescents* e a *Leggionella pneumophila* (Kay,1991; Santos, 2008).

A sobrelotação humana dos espaços interiores e uma ventilação deficiente leva ao aparecimento das bactérias Gram (+).

Relativamente à concentração de fungos, quando os edifícios são equipados com sistemas de ar condicionado, ou seja, quando o ar é filtrado, deve apresentar metade da concentração detectada no exterior (Araújo, 2007).

Impactes na saúde

Os problemas mais comuns associados a este tipo de poluentes são: irritação no nariz, pele e olhos, reacções alérgicas como a asma e a rinite, reacções tóxicas (micotoxinas) e infecções respiratórias. Estes poluentes agravam os sintomas em mais de 85 % dos indivíduos asmáticos, o que traduz um efeito de sinergia (Madureira, 2005).

Valor máximo de referência no ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006):

O valor máximo admissível admitido para este poluente é de 500 UFC/m³.

2.3.8.2 LEGIONELLA

A *Legionella* é uma bactéria Gram negativa, possui flagelos polares que permitem a sua mobilidade e utilizam os aminoácidos como fonte de energia e carbono para o seu crescimento, 3 a 7 dias.

O desenvolvimento desta ocorre em ambientes específicos de humidade, superior a 60%, temperatura (20 a 45 °C), e pH (5 a 8). Geralmente esta bactéria é encontrada em ambientes aquáticos, redes de abastecimento e distribuição de água, ar condicionados e sistemas de arrefecimento, condensadores, humidificadores e sistemas AVAC existentes nos edifícios (Benoliel *et al*, 2010; Kay *et al*, 1991).

Impactes na saúde

Os sintomas associados à *Legionella* são: febre alta, dores de cabeça, dores musculares, tosse seca, dificuldade respiratória e vómitos e em certas situações o doente pode entrar em delírio. Para além disto, pode ainda provocar uma infecção respiratória grave, designada de Doença dos Legionários, em que as pessoas adoecem com pneumonia ou em casos mais graves podem mesmo morrer (Benoliel *et al*, 2010).

Valor máximo de referência no ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006):

O valor máximo admissível admitido para a *Legionella* é de 100 UFC/L água.

2.4 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

De forma a melhorar a eficiência energética, as condições de conforto térmico, e garantir a manutenção dos sistemas de climatização e de QAI surgiu o Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, que transpõe parcialmente a Directiva nº 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro, relativa ao Desempenho Energético de Edifícios. Este decreto-lei publica um novo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), e introduz, em Portugal, a legislação relativa à Qualidade do Ar Interior (QAI) de edifícios. No entanto, nem todos os edifícios que estão sujeitos à Certificação Energética estão abrangidos pela vertente QAI.

As auditorias à QAI estão integradas no RSECE e surgem fundamentalmente devido ao aumento da procura dos sistemas de climatização, que vão desde os mais simples (pequena dimensão) até aos mais complexos. A não existência de controlo dos requisitos para valores mínimos de renovação de ar e a falta de prática efectiva da manutenção dos equipamentos têm levado ao aparecimento de problemas ao nível de saúde pública (alergias, problemas respiratórios, dores de cabeça, entre outros) que estão associados à qualidade de ar interior (Decreto-Lei n.º 79/2006).

A obrigatoriedade das auditorias a realizar no âmbito da certificação contribuiu para a adequada manutenção da QAI de forma a minimizar os riscos e garantir a confiança dos ocupantes nos ambientes interiores tratados com sistemas de climatização.

Este Decreto-Lei n.º 79/2006, menciona essencialmente quatro objectivos:

- ☑ estabelecer as condições de conforto térmico e de higiene nos diferentes espaços dos edifícios;
- ☑ melhorar a eficiência energética global dos edifícios em todos os tipos de consumos de energia, promovendo a sua limitação efectiva para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes, reabilitações ou construções;
- ☑ melhorar os meios de manutenção e eficiência dos sistemas de climatização para garantir uma boa qualidade do ar interior, quer a nível de projecto ou de funcionamento;
- ☑ monitorizar regularmente as práticas de manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior dos edifícios.

Na tabela 2 está descrito o âmbito de aplicação do Regulamento, na vertente de QAI, de acordo com artigo 2º do Decreto-Lei n.º79/2006.

Tabela 2 Âmbito de aplicação do regulamento – Vertente QAI (Decreto – Lei n.º79/2006)

Regulamento aplica-se a:	Isentos do Regulamento:
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Todos os edifícios ou fracções autónomas de serviços, com área superior a 1000 m², ou no caso de centros comerciais, supermercados ou piscinas cobertas com área superior a 500 m²; ❖ Pequenos edifícios de serviços com sistema de climatização, 25kW, apenas nos casos de transacção (venda ou arrendamento). 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com potência inferior a 25 kW; ❖ Igrejas e locais de culto; ❖ Garagens e armazéns não climatizados; ❖ Edifícios em zonas históricas ou edifícios classificados, que estão fora do regulamento; ❖ Edifícios industriais e agrícolas destinados a actividade de produção; ❖ Infra-estruturas militares e imóveis que estão sujeitos a regras de controlo e confidencialidade. ❖ Habitações

As avaliações da qualidade do ar para edifícios existentes ou novos têm exigências diferentes, mas a sua essência é a mesma, ou seja, avaliar a qualidade do ar interior. Para os edifícios novos ocorrem três fases: 1ª Fase - o perito verifica os requisitos de QAI no projecto dos edifícios novos e emite a Declaração de Conformidade Regulamentar, DCR, para o proprietário pedir a licença de construção na Câmara Municipal; 2ª Fase - verificam-se os requisitos de QAI no final da construção e se estiver tudo conforme emite-se o 1º Certificado Energético (são realizadas as primeiras monitorizações) e é pedido à Câmara a licença ou autorização de utilização do edifício. A 3ª Fase consiste nas auditorias periódicas de QAI durante o seu funcionamento.

Para os edifícios existentes apenas é efectuada a 3ª Fase, ou seja, são realizadas auditorias periódicas.

A periodicidade das auditorias pode ser de 2 em 2 anos, de 3 em 3 ou de 6 em 6 anos. O primeiro caso é aplicado a estabelecimentos de ensino ou de formação, desportivos e centros de lazer, creches, infantários, instituições para permanência de crianças, centros de idosos, lares e equiparados, hospitais, clínicas e similares. No segundo caso, são efectuadas auditorias em locais que alberguem actividades comerciais, de serviços de turismo, de transportes, escritórios, actividades culturais e similares. Aos restantes edifícios aplica-se a periodicidade de 6 em 6 anos.

Na avaliação da qualidade do ar, se alguns dos parâmetros estiverem acima do valor máximo de referência, ou seja, não conformes, o certificado será emitido com uma marca de água e o edifício ficará sujeito a um PACQAI (Plano de Acções Correctivas de QAI), tendo que se implementar medidas de melhoria para que todos os parâmetros cumpram os limites legais. O certificado será emitido sem marca de água depois da implementação das melhorias e após a realização da nova auditoria, se todos os parâmetros se encontrarem conformes.

De forma a ser mais fácil a interpretação da regulamentação da avaliação da qualidade do ar interior nos edifícios novos e existentes apresenta-se o esquema da figura 6.

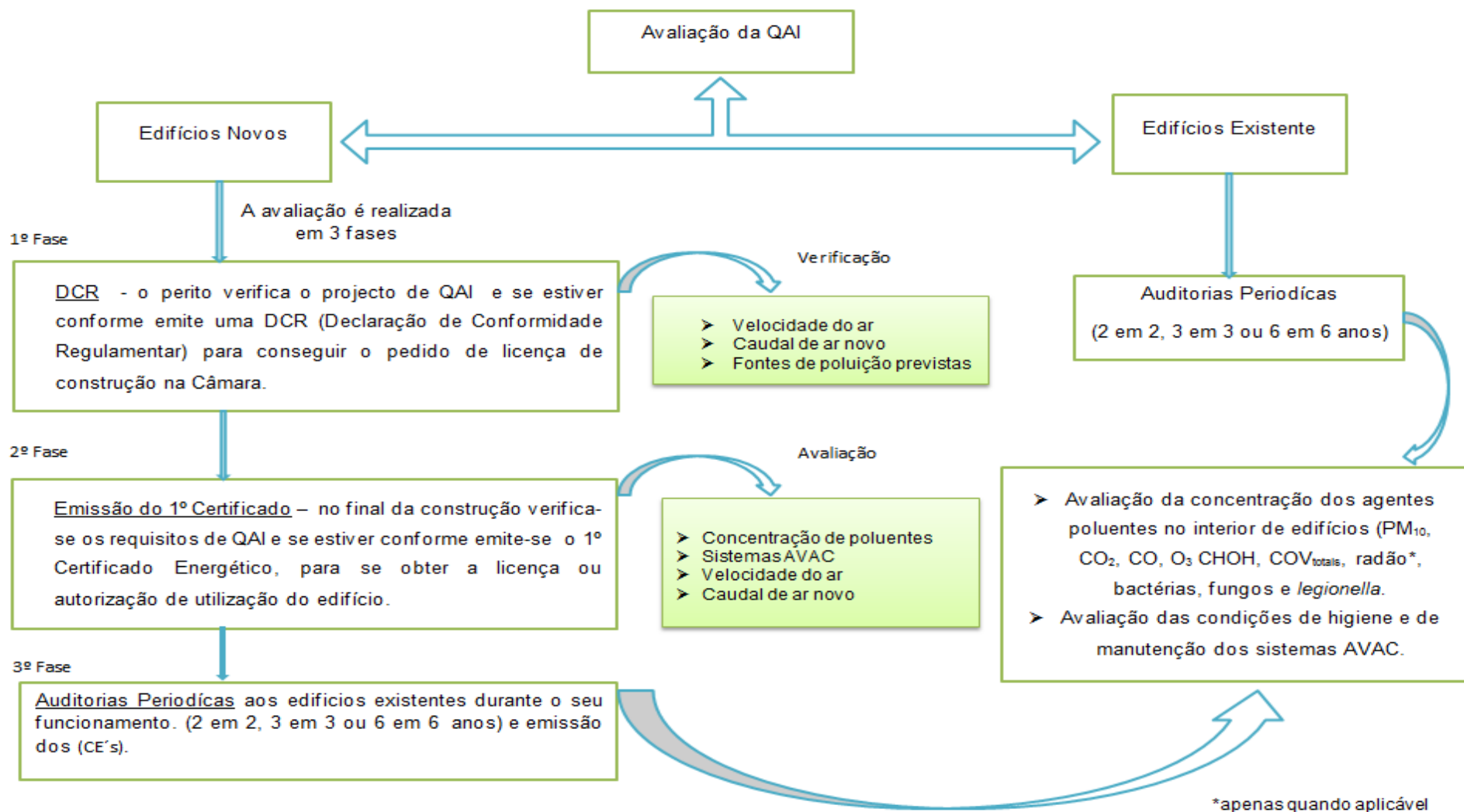


Figura 6 Representação das etapas existentes para a emissão do Certificado Energético nos edifícios novos e existentes

2.5 PARÂMETROS QAI CONSIDERADOS NO RSECE E AS ALTERAÇÕES PREVISTAS

Durante um seminário assistido em 8 de Fevereiro último, na Universidade de Aveiro, foi divulgado que brevemente sairá uma alteração ao Decreto-Lei nº 79/2006, com mudanças significativas para a avaliação da QAI (Pinto, 2012).

Prevê-se que esta alteração seja publicada no princípio de 2013, e que estabeleça modificações quer nos limites máximos de referência estabelecidos, quer nos poluentes avaliados (Tabela 3).

Tabela 3 Alterações previstas nos poluentes e nos valores máximos de referência de concentração

Poluentes	Concentração máxima de referência (DL 79/2006) (mg/m ³)	Possíveis alterações
Partículas PM10	0,15	Diminuição da concentração máxima de referência
Partículas PM2,5	Não se efectuam medições	Introdução da avaliação das partículas PM 2,5
Dióxido de carbono	1800	Aumentar a concentração actual
Monóxido de carbono	12,5	Diminuição da concentração actual
Ozono	0,2	Deixa-se de efectuar esta medição
Formaldeído	0,1	Não sofre alterações
Compostos orgânicos totais	0,6	Aumentar a concentração actual
Radão	400 Bq/m ³	Não sofre alterações
Bactérias	500 UFC/m ³	Não sofre alterações
Fungos	500 UFC/m ³	Não sofre alterações
Legionella	500 UFC/L água	Para as torres de arrefecimento o limite é alargado para os 1000 UFC/L água

Pela análise da tabela 3 verifica-se que para as concentrações máximas de referência de CO₂, COV's e *Legionella* a avaliação vai ficar mais permissiva, mas pelo contrário, as concentrações de partículas PM10 e CO vai tornar-se mais exigente. A introdução de PM2,5 é importante porque estas partículas são consideradas mais perigosas do que as PM10. O ozono no interior de edifícios é raro, não fazendo muito sentido ser efectuada esta avaliação.

Para além das alterações dos poluentes será modificada a periodicidade das avaliações, deixando de existir a periodicidade de 2 em 2 anos. Será ainda introduzido um índice de classificação de QAI.

O índice de QAI terá uma classificação de muito bom, bom, médio, fraco ou mau e será estabelecido pelo poluente que terá pior classificação.

É importante referir que as modificações descritas são ainda previsões.

Com esta alteração ao regulamento ir-se-á obter uma auditoria mais abrangente e com a introdução da classificação do ar, estas avaliações serão mais ajustadas.

3. SISTEMAS AVAC

3.1 INTRODUÇÃO

AVAC é a sigla que representa: Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado. Os sistemas AVAC têm como função manter ao longo do ano os ambientes controlados, assegurando a qualidade do ar interior, controlando a temperatura e os teores de humidade e mantendo as velocidades do ar dentro dos limites estabelecidos, segundo o Decreto-Lei n.º79/2006. Os problemas existentes muitas vezes nas instalações de ar condicionado resultam da dificuldade de conseguir equilibrar as cargas térmicas de aquecimento e arrefecimento, pois estas podem evoluir de formas distintas e são influenciadas pelas condições exteriores, ocupação, tipo de equipamentos, entre outros.

Estes sistemas englobam princípios de termodinâmica e de transferência de calor.

Existe a norma EN 13779:2007 que fornece orientação para projectistas e utilizadores dos sistemas AVAC, dando orientações para tornar o ambiente interior confortável e limpo de uma forma sustentável e também define as taxas de renovação de ar consoante a tipologia do edifício (ver Anexo A).

Os sistemas de ar condicionado podem ser classificados segundo o tipo de fluido e podem ser divididos em três grupos:

- Sistema Tudo-Ar – neste caso o ar insuflado no edifício é tratado previamente nos equipamentos dos sistemas individuais ou centralizados. Este tipo de

Fonte: http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/climatizacao_poluicao.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/cent_VRV.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/parametriza_AVAC.pdf

equipamento requer locais técnicos onde possam ser instaladas unidades produtoras de calor e frio por exemplo: *chiller* e caldeiras utilizando fluidos frigorigéneos e água, que estão ligados às UTA's. O ar é dirigido pelas condutas até às unidades terminais.

Nos sistemas Tudo-Ar ainda é possível fazer a distribuição de ar com percurso simples ou duplo. No percurso simples, a distribuição de ar é feita por apenas uma conduta e as baterias de aquecimento e arrefecimento da UTA estão colocadas em série e a temperatura do ar é semelhante em todos os locais onde este é distribuído. No percurso duplo as baterias de aquecimento e arrefecimento do ar estão colocados em paralelo.

- Sistema Tudo Água - apenas é usada água quente ou fria em função das necessidades de aquecimento ou arrefecimento, estabelecendo a ligação com os sistemas terminais existentes para a troca de calor. Estes sistemas terminais podem ser radiadores, ventiloconvectores. Nestes sistemas não existem distribuição de ar novo. A renovação de ar ocorre apenas de forma natural.
- Sistema Ar - água – nestes são usados simultaneamente água e ar. Nestes sistemas a água quente ou fria circula pelas baterias e é introduzido ar novo nos locais a climatizar. Geralmente estes equipamentos são conhecidos como UTAN (Unidade de Tratamento de Ar Novo). As unidades terminais mais utilizadas são os ventiloconvectores.

Componentes básicos do sistema AVAC:

- Entradas de ar do exterior;
- Pré-filtros e filtros;
- Equipamento de aquecimento ou arrefecimento (baterias);
- Ventiladores de correia;
- Condutas;
- Tabuleiros de condensados
- Sistema de exaustão;
- Difusores de distribuição de ar

3.2 CLIMATIZAÇÃO

A climatização envolve um conjunto de equipamentos que são necessários num edifício para ajudar a controlar alguns parâmetros como a temperatura, humidade e de qualidade do ar interior de forma a garantir o conforto dos ocupantes presentes num dado edifício.

Fonte: http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/climatizacao_poluicao.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/cent_VRV.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/parametriza_AVAC.pdf

Os equipamentos que podem garantir climatização são: ventiloconvectores, unidades de tratamento de ar (UTA), sistemas tipo VRV (volume de fluido variável) sistemas *Split* e sistemas *Roof-Top*.

3.3 VENTILAÇÃO

A ventilação pode ser natural ou mecânica. A ventilação mecânica pode ser assegurada pelas UTA's, VRV ou *Roof-Tops*, enquanto que a ventilação natural ocorre sem recurso a ventiladores nem qualquer outro tipo de sistema mecânico. Neste caso a ventilação ocorre naturalmente com a abertura de janelas, portas ou devido a fendas existentes nos edifícios.

No entanto, é necessário ter especial atenção com a ventilação natural porque o comportamento do ar poder ser “difícil de controlar” por parte dos utilizadores, podendo ocorrer correntes de ar desconfortáveis e quando o meio envolvente do edifício está inserido num meio industrial com ambientes muito poluídos ou em zonas de elevado tráfego automóvel, em vez de diluir o ar contaminado, podemos correr o risco de aumentar as concentrações dos poluentes existentes.

A ventilação mecânica é muito importante para descontaminar do ar interior, mas também deve ser controlada, para não gerar correntes de ar que se podem tornar incómodas para os ocupantes. Além disso, não deve incrementar perdas energéticas, desnecessárias, nos meses mais quentes e frios do ano.

A eficiência de ventilação pode ser calculada através da percentagem de caudal de ar novo insuflado num espaço, que efectivamente chega à zona ocupada. A eficiência também irá depender de onde se encontrem as grelhas de extracção e de insuflação.

A eficiência de ventilação pode variar desde os 100 % até aos 60%, dependendo da distância entre os difusores de insuflação e a grelha de extração. A eficiência poderá atingir os 100% se o sistema de ventilação for por deslocamento. A eficiência mais baixa é atingida quando a insuflação e a extração são feitas relativamente perto umas das outras, podendo provocar o efeito de curto-circuito.

De seguida apresentam-se os diferentes tipos de eficiência de acordo com a disposição das grelhas de extracção e de insuflação nos locais. [adaptado de Módulo Certificação RSECE, Formação de Peritos Qualificados do SCE)].

Fonte: http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/climatizacao_poluicao.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/cent_VRV.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/parametriza_AVAC.pdf



Figura 7 Extracção do ar no tecto e insuflação no chão: eficiência de 100%



Figura 8 Insuflação e extracção distanciadas; eficiência de 80%



Figura 9 Insuflação e extracção muito próximas; eficiência de 60%



Figura 10 Insuflação e extracção distanciadas; eficiência de 70%

De notar, que as velocidades do ar não devem exceder os 0,2 m/s para que não cause desconforto aos ocupantes e para não provocar o arrastamento das partículas, evitando assim problemas acrescidos de QAI. A legislação estabelece caudais mínimos de ar novo ($\text{m}^3/(\text{h.ocupante})$) ou ($\text{m}^3/(\text{h.m}^2)$) para diferentes tipologias de edifícios. Estes caudais apenas são avaliados nos edifícios novos.

3.4 UNIDADES TERMINAIS

Estes equipamentos encontram-se situados nos locais a climatizar. O ar novo a ser introduzido num espaço tem de percorrer uma certa distância desde a captação exterior até ao local a climatizar, ou o inverso no caso da extracção de ar. Estas unidades são os últimos equipamentos por onde passa o ar, antes de chegar à zona ocupada. As unidades podem ser grelhas ou difusores de ar.

Fonte: http://web.ist.utl.pt/luis_roriz/MyPage/climatizacao_poluicao.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis_roriz/MyPage/cent_VRV.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis_roriz/MyPage/parametriza_AVAC.pdf

3.5 VENTILCONVECTORES

Os ventiloconvectores são outro tipo de equipamentos que podem servir para aquecer ou arrefecer um determinado espaço, dependendo das necessidades dos ocupantes. Estes são constituídos por: ventiladores, filtros, tabuleiro de condensados (para recolha de condensados) e uma bateria de permutadores. Os ventiloconvectores estão ligados a unidades (*chiller*) ou UTA's ou *Roof-Top* que são capazes de produzir água fria ou quente que é transportada para as baterias. Nos ventiloconvectores, o ar ambiente é forçado a passar pelo ventilador e por um filtro de partículas que deve ter uma classificação mínima de F5 de acordo com a norma EN 779. Ao ar recirculado, também pode ser misturado ar novo (ar exterior) também filtrado, e de seguida, esse ar passa pelo permutador onde é aquecido ou arrefecido. Para controlar a ventilação, estes equipamentos podem possuir termostatos, medidores de humidade e de caudal de ar.

Os ventiloconvectores possuem diversas tipologias e formatos e podem ficar localizados no parapeito da janela, encastrados nas paredes ou em móveis e sob tectos falsos. (Silva, 2010/2011)

3.6 FILTROS

Os filtros são extremamente importantes para tratar o ar e responsáveis por eliminar a maioria das partículas existentes no ar. Existem diferentes classes de filtros dependendo da eficiência com que queremos tratar o ar. A seguir apresentam-se as classes e a eficiência gravimétrica correspondente a cada classe de filtros.

Tabela 4 Classificação dos filtros e eficiência de filtração [Quadros,2008; France Air, 2011]

Rendimento inicial com pó atmosférico E_A (%)		$E_A < 20 \%$	$E_A \geq 20 \%$
Grupo	Classe	Retenção do pó sintético (método gravimétrico) - A_m %	Eficiência média em partículas de $0,4 \mu\text{m}$ - E_m (%)
Pó Grosso	G1	$A_m < 65$	-
	G2	$65 \leq A_m < 80$	-
	G3	$80 \leq A_m < 90$	-

Fonte: http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/climatizacao_poluicao.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/cent_VRV.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/parametriza_AVAC.pdf

Rendimento inicial com pó atmosférico E_A (%)		$E_A < 20 \%$	$E_A \geq 20 \%$
Grupo	Classe	Retenção do pó sintético (método gravimétrico) - A_m %	Eficiência média em partículas de $0,4 \mu m$ - E_m (%)
	G4	$A_m \leq 90$	-
Pó Fino	F5	-	$40 \leq E_m < 60$
	F6	-	$60 \leq E_m < 80$
	F7	-	$80 \leq E_m < 90$
	F8	-	$90 \leq E_m < 95$
	F9	-	$E_m \geq 95$

Existem filtros de alta eficiência de acordo com a norma EN1822 de classificação HEPA (*High Efficiency Particulate Air Filter*) e ULPA (*Ultra Low Penetration Air Filter*), que geralmente são utilizados em locais específicos e com necessidade de obter um ambiente o mais limpo possível, como por exemplo salas brancas existentes nos hospitais. O regulamento exige que os filtros tenham classificação mínima F5, no entanto, nos hospitais a classificação dos filtros geralmente é mais elevada, por exemplo do tipo F9, ou de alta eficiência ou ULPA.

3.7 BOMBA DE CALOR

A bomba de calor é uma máquina térmica capaz de transferir calor de uma fonte fria (por ex. ar, solo) para outra mais quente (por ex. espaços interiores), ou seja, retira calor do ambiente exterior (a temperaturas mais baixas) através de um fluido (frigorífero) aquecendo assim o ambiente interior. Esta pode ser do tipo reversível, se produzir calor e frio para o ambiente a climatizar ou do tipo irreversível se apenas produz calor.

3.8 UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR

As UTA's são constituídas essencialmente por ventiladores, filtros, bateria de aquecimento e arrefecimento e por um tabuleiro de condensados. Estes equipamentos também podem fazer a humedificação através da injeção de vapor de água, A desumidificação é conseguida através do arrefecimento do ar abaixo do ponto de orvalho.

Fonte: http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/climatizacao_poluicao.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/cent_VRV.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/parametriza_AVAC.pdf

As diferenças entre as UTA's e UTAN's é que as UTAN's introduzem 100% de ar novo nos edifícios e as UTA's introduzem ar novo e ar recirculado.



Figura 11 Interior de uma unidade de tratamento de ar (UTA) [Fonte: Catálogo Ventilnorte, 2012]]

É importante referir que todos os equipamentos devem estar inseridos num módulo que possa ser aberto com facilidade e tenha espaço para efectuar a manutenção necessária. Apesar de apenas ser obrigatório nos edifícios novos, nos edifícios existentes, também deverá haver esse espaço. Se não for efectuada a manutenção dos equipamentos não se pode garantir a qualidade do ar interior e será um desperdício energético porque ao longo do tempo as perdas de carga dos filtros aumentam, as baterias e os ventilosconectores vão se degradando e perdendo a sua eficiência.

3.9 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO TIPO *SPLIT*

Estas unidades só fazem a recirculação do ar, não introduzindo ar novo nos edifícios. O termo *split* usa-se porque o sistema inclui duas unidades separadas, uma colocada no exterior e outra no interior. Alguns dos equipamentos mais sofisticados possuem lâmpadas LED foto catalíticas que ajudam a eliminar odores, germes e bactérias.



Figura 12 *Split* de parede (unidade interna)



Figura 13 *Split* de tecto tipo cassete (unidade interna)

(Fonte: <http://www.sanyo.pt/loja/detalhe.php?id=591&cat=353>)

Fonte: http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/climatizacao_poluicao.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/cent_VRV.pdf

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/parametriza_AVAC.pdf

4. AVALIAÇÃO DE QAI NO ÂMBITO DO RSECE

Neste capítulo serão apresentadas as etapas necessárias para avaliar a qualidade do ar no interior de edifícios no âmbito da Certificação Energética. É importante referir que apenas serão focadas as metodologias necessárias para a avaliação de QAI nos edifícios existentes. A avaliação de QAI será efectuada no campus do ISEP, mais especificamente no edifício I, onde existe ventilação mecânica, com excepção dos auditórios, e no edifício E onde existem unidades de tratamento de ar.

4.1 PREPARAÇÃO DA AUDITORIA

A avaliação da qualidade do ar é efectuada através de uma auditoria¹ realizada ao edifício. Esta avaliação consiste em duas fases obrigatórias: a visita preliminar e a auditoria. Se no relatório da auditoria forem detectadas não conformidades, será

¹ Auditoria – “método de avaliação da situação energética ou da QAI existente num edifício ou fracção autónoma e que, no caso do presente Regulamento, pode revestir, no que respeita à energia, conforme os casos, as formas de verificação da conformidade do projecto com o Regulamento ou da conformidade da obra com o projecto e, por acréscimo, dos níveis de consumo de energia dos sistemas de climatização e suas causas, em condições de funcionamento, mas, também, no caso da energia como da qualidade do ar, a verificação das condições existentes no edifício em regime pós-ocupacional. Para efeitos do presente Regulamento, o termo «auditoria» tem significado distinto e não deve ser confundido com o conceito correspondente ao contexto da aplicação da norma NP EN ISO 9000-2000”. [Decreto-Lei 79/2006]

necessário avisar o proprietário e este terá de realizar um PACQAI (Plano de Acções Correctivas da Qualidade do Ar Interior) e submeter a APA. Mas antes de realizar qualquer tipo de acção é necessário recolher toda a informação existente sobre os sistemas AVAC e o edifício. De seguida apresentam-se as informações relevantes que devem ser solicitadas antes de qualquer tipo de inspecção: (ADENE, 2011)

- ☑ Plano de Manutenção Preventiva e os respectivos registos de manutenção actualizados;
- ☑ Manuais dos equipamentos;
- ☑ Relatórios de auditorias anteriores, caso existam;
- ☑ Memória descritiva do Sistema AVAC;
- ☑ Horário de Funcionamento do sistema AVAC;
- ☑ Identificação das Zonas do edifício com actividade específica, por exemplo, cafetarias, laboratórios, etc;
- ☑ Plantas do edifício e da rede de distribuição de ar actualizada, para a definição do número de pontos de amostragem;
- ☑ Número de ocupantes e tipo de actividade desenvolvida nos diferentes espaços;

Após a disponibilização destas informações, procede-se à etapa seguinte que consiste na visita preliminar ao edifício.

É de realçar que toda a preparação da auditoria/estudo do edifício tem de ser devidamente realizada e bem estruturada de forma a que seja possível obter um resultado representativo real do edifício, tendo em conta os custos associados à avaliação.

4.1.1 VISITA PRELIMINAR

A visita preliminar tem como objectivo caracterizar e verificar o rigor da informação previamente disponibilizada relativamente ao edifício, identificar eventuais situações que podem colocar em causa a qualidade do ar interior, e que podem eventualmente ainda ser corrigidas pelo proprietário ou responsável do edifício, antes de ser realizada a auditoria.

Durante a visita deve ser recolhida a informação sobre as eventuais queixas e os sintomas apresentados pelos ocupantes. Também deve ser registada qualquer fonte de poluentes, quer sejam internos ou externos.

As fontes e causas de poluição mais comuns que podem ser detectadas visualmente ou ao nível olfactivo são (Adene, 2011; APA, 2010):

- ☑ odores, como por exemplo cheiro a mofo, perfumes, solventes, químicos, etc;
- ☑ sobrelotação;
- ☑ pó ou partículas;
- ☑ falta de higienização dos sistemas AVAC;
- ☑ presença de humidade, crescimento visível de fungos;
- ☑ presença de substâncias químicas.

Se durante a visita prévia forem detectados alguns destes problemas, estes devem ser descritos no relatório preliminar e devem ser recomendadas medidas de correcção/melhoria, de forma a que sejam eliminadas quaisquer fontes de poluição.

Para além destas informações deve ser efectuada a verificação expedita de CO₂, de forma a avaliar o desempenho dos sistemas de ventilação. Se forem detectadas elevadas concentrações deste composto, este poderá ser um indicador de uma deficiente ventilação dos espaços e conseqüentemente um aumento da concentração de outros poluentes.

Os sistemas AVAC também são avaliados de forma aleatória com um registo fotográfico e uma inspecção visual, pois estes são um dos factores fundamentais na garantia da qualidade do ar. Também é analisada a distribuição de ar (UTA's, redes de condutas, captação de ar novo, existência de portas de visita, entre outros).

A visita deve ser acompanhada pelo TRF (Técnico Responsável pelo Funcionamento) ou alguém responsável que conheça toda a instalação.

Neste trabalho, a visita preliminar consistiu numa visita ao edifício para detectar eventuais situações que pudessem colocar em causa a qualidade do ar interior (fontes específicas de poluição) e para conhecer as instalações. Esta visita também tinha em vista poder ver os vários espaços de forma a escolher os locais das medições como os mais representativos. A medição prévia de CO₂ não foi efectuada visto isso não se justificar nesta avaliação preliminar. De facto, não existia a necessidade real de o fazer no sentido de implementar medidas de melhoria nos edifícios até à altura da auditoria, como habitualmente é feito, em auditorias "oficiais" realizadas por empresas externas.

4.1.2 DEFINIÇÃO DAS ZONAS DE MEDIÇÃO

Para a medição dos parâmetros de QAI, devem ser escolhidos os locais onde haja maior ocupação ou então locais estratégicos, onde sejam registadas queixas ou onde sejam detectadas fontes de poluição.

De seguida apresenta-se a descrição dos locais onde foram efectuadas as avaliações de QAI.

O ISEP contém 14 edifícios (Ver Anexo A), mas a avaliação da qualidade do ar foi efectuada apenas nos Edifícios I e E, por recomendação da Presidência da Escola. O ISEP contém espaços de diferentes tipologias e funções como por exemplo: salas de aula, laboratórios, auditórios, secretarias, gabinetes, oficinas, restaurantes, etc. Como se pode observar na tabela 4 nos edifícios I e E são desenvolvidas diferentes actividades.

Tabela 5 Tipo de actividades desenvolvidas no edifício I e E

Edifício	Tipo de actividade	Tipologia do edifício	Horário de funcionamento
I	Ensino e investigação	Estabelecimento de ensino	08.00 h às 23:30 h
E	Serviços e Ensino	Gabinetes, Secretarias e Biblioteca	09:00 h às 22:00 h

4.1.3 NÚMERO MÍNIMO DE PONTOS DE MEDIÇÃO

Antes de partir para o trabalho de campo, é necessário fazer um estudo prévio das plantas do edifício para saber qual o número mínimo de pontos para que a amostragem seja fiável. O número mínimo de pontos deve ser calculado a partir da equação 4.1, arredondado o resultado às unidades (Nota Técnica NT-SCE-02, 2010):

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{A_i} \quad (4.1)$$

N_i - nº de pontos de medida da zona i ($N_i \geq 1$)

A_i – área total da zona, em m^2

A equação (4.1) aplica-se a todos os parâmetros à excepção do radão e *legionella*. O número de medições a realizar pode ser superior ao número de pontos dados pela expressão 4.1 mas normalmente não deve ser inferior. Contudo, podem existir factores que justifiquem adoptar um número de pontos de medição inferior.

Ao aplicar a expressão (4.1) ainda se devem ter em conta as seguintes critérios:

- as áreas dos espaços que possuem a mesma estratégia de distribuição de ar e são servidos pela mesma UTA, devem ser agrupadas;
- sempre que possível devem agrupar-se os espaços pelo tipo de actividades, organização do espaço e fontes de emissão de poluentes semelhantes;

- ☑ as zonas onde existam registos de queixas semelhantes e espaços onde existem ocupantes susceptíveis (idosos e crianças), devem ser consideradas zonas distintas.

É importante referir que em qualquer avaliação a efectuar, é necessário ter sempre em conta o factor económico, e por isso é essencial fazer uma boa gestão e planeamento dos pontos, locais e tipos de equipamentos a utilizar para efectuar a avaliação, para não colocar em causa a veracidade do estudo, mediante custos controlados. A indicação dos pontos de medição seleccionados nos edifícios em estudo será detalhada nos subcapítulos 4.1.5 e 4.1.6.

4.1.4 NÚMERO MÍNIMO DE PONTOS DE MEDIÇÃO DE RADÃO

Para as medições de radão é utilizada outra expressão para calcular o número mínimo de pontos.

Como o Porto é uma zona granítica é necessário efectuar as medições de radão.

Segundo Nota Técnica NT-SCE-02, as medições de radão devem ser efectuadas nos três pisos habitados de menor cota (preferencialmente no rés-do-chão), pois como este gás é denso, tem tendência a descer e está presente essencialmente nos primeiros pisos do edifício.

O número mínimo de pontos é calculado pela seguinte equação 4.2: (Nota Técnica NT-SCE-02 ,2010)

$$N_j = \frac{A_j}{300 \times j} \quad (4.2)$$

em que:

N_j – é o número mínimo de pontos de medida no piso de índice j

A_j – área do piso j , em m^2

j – índice de numeração do piso, desde o piso habitado de menor cota ($j=1$) até ao máximo de $j=3$.

A indicação dos pontos de medição de radão seleccionados nos edifícios em estudo será detalhada nos subcapítulos 4.1.5 e 4.1.6.

4.1.5 CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO I E SELECÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

4.1.5.1 DESCRIÇÃO DOS ESPAÇOS, ACTIVIDADES E SISTEMAS DE VENTILAÇÃO EXISTENTES

O edifício I do ISEP é constituído por 4 pisos. Este edifício é usado essencialmente para aulas. Possui laboratórios de electrotecnia, 3 auditórios, salas de aula e gabinetes. Não

possui sistemas AVAC com excepção do 4º piso. Neste piso encontram-se os gabinetes e as salas do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão, que se dedica à promoção e desenvolvimento de investigação científica no domínio da Inteligência Artificial, Sistemas baseados em Conhecimento e Sistemas de Apoio à Decisão). As salas I 403, I 404 e I 405 têm unidades *split* de ar condicionado e nos auditórios (anfiteatros) existe ventilação mecânica.

As salas do 4º piso são climatizadas por unidades *split*.

Todos os outros espaços apenas possuem ventilação natural. Apenas existe ventilação forçada nos auditórios do edifício I. A ventilação é efectuada pelos ventiladores, separados ou integrados em unidades como UTA, Roof-top que estarão à montante das grelhas ou difusores.

Nas figuras 14 a 16 apresenta-se a grelha de extracção de ar e o difusor de insuflação existente no auditório I 301.



Figura 14 Difusor linear de insuflação de ar do auditório I 301 por cima do quadro de giz



Figura 15 Pormenor do difusor linear de insuflação de ar limpo no auditório I 301



Figura 16 Grelha de extracção de ar ao fundo do auditório I 301

Os três auditórios existentes no edifício I têm a mesma tipologia e o mesmo sistema de ventilação nos mesmos locais.

4.1.5.2 SELECÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Na tabela 6 apresentam-se as áreas de cada piso do edifício I e o número de pontos de medição considerados em cada piso. O número mínimo de pontos foi obtido através da aplicação da equação 4.1. O número de pontos efectivamente adoptado teve em consideração uma distribuição que fosse representativa do edifício (Ver anexo B).

Tabela 6 Descrição das zonas funcionais de cada piso do Edifício I e número de pontos de amostragem (não inclui radão)

Piso	Zonas funcionais	Área (m ²)	Nº mínimo de pontos	Nº de pontos adoptados
1	Laboratórios I 101, I 105, I 106 e I 107, e I 102, I 103 e I104.	735	4	3
2	Sala de aula I 204, Gabinete I 202, anfiteatro I 201, laboratórios I 203, I 205, I 206 e I 207 e instalações sanitárias	735	4	2
3	Sala de aula I 306, Sala I 307, anfiteatro I 301, laboratórios I 303, I 304, I 305, I 308, gabinete I 302	735	4	3
4	Salas do GECAD I 402, I 403, I 404, I 405, I 406 e I 407, Anfiteatro I 401 e instalações sanitárias	735	4	3
Total		2940	16	11
Nº mínimo de pontos *			8	-
Nº médio de pontos			12	-

*cálculo efectuado com a aplicação da área total do edifício, na equação 4.1 (2940 m²).

Como se pode observar na tabela 6, o número total de medições calculado pela equação 4.1, quando esta se aplica à área de cada um dos pisos é de 16 locais. Contudo, se fosse considerada a área total do edifício no cálculo, obter-se-ia um mínimo de 8 pontos. Na realidade, o número de pontos de amostragem adoptado foi de 11 em todo o edifício I. Considera-se que os 11 pontos são representativos do edifício, em termos de áreas e funções dos vários espaços. Em cada piso escolheu-se pontos de medição com

actividades diferentes. Por exemplo no piso 3 foi efectuada uma medição de todos os parâmetros físico-químicos (à excepção do radão) numa sala de aulas, uma num laboratório e uma no anfiteatro.

Na tabela 7 indica-se o número mínimo de pontos de medição do radão (obtidos pela equação 4.2) e o número de pontos adoptado.

Tabela 7 Número de pontos de medição de radão no edifício I

Piso	Área total (m ²)	Número mínimo de pontos	Número de pontos adoptados
1	735	2	2

Para efectuar o cálculo do número mínimo de pontos para o radão, apenas se considerou a área de menor cota do edifício que possui ocupação, ou seja, o 1º piso. Apesar da expressão apresentada (inequação 4.2) referir que se pode considerar até à cota máxima do piso 3, os pisos 2 e 3 não foram considerados, à partida. Pensou-se que, se no 1º piso não fosse detectado radão a probabilidade da concentração nos pisos superiores ser elevada seria muito reduzida. Assim, foi decidido que apenas seriam realizadas medições em pisos superiores ao 1º se fossem detectadas concentrações de radão superiores ao valor de referência, no piso em análise.

No anexo B apresentam-se as plantas do edifício I fazendo referência aos locais onde foram efectuadas medições.

4.1.6 CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO E E SELECÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

4.1.6.1 DESCRIÇÃO DOS ESPAÇOS, ACTIVIDADES E SISTEMAS DE VENTILAÇÃO EXISTENTES

O edifício E do ISEP é constituído por 4 pisos. Este edifício é um edifício de serviços, onde se localiza o secretariado, divisão dos sistemas informáticos, serviços académicos, divisão de recursos humanos, serviços de manutenção, gabinete de design, o gabinete da presidência do ISEP e a biblioteca. Este edifício possui sistemas AVAC distribuídos pelos 4 pisos existentes. A distribuição do ar é efectuada por 2 diferentes tipos de equipamentos (UTA, unidade *Roof-Top* - unidades de tratamento de ar que possuem um sistema autónomo de aquecimento e arrefecimento e geralmente estão localizadas na cobertura dos edifícios) existentes na sala técnica e na cobertura do edifício.

As unidades de tratamento de ar estão localizadas nas salas técnicas e na cobertura que envia o ar para o interior do edifício.

O auditório E possui um sistema de climatização “tudo ar” através de uma unidade compacta de bomba de calor com controlo automático de caudal de ar de insuflação e de extracção. As restantes zonas do edifício possuem um sistema semi-centralizado Ar/Água a 4 tubos sendo constituído por um *chiller* e uma caldeira e possuem unidades terminais do tipo ventiloconvector.

O edifício possui os seguintes equipamentos instalados na cobertura e sala técnica: UTA 1, UTA 2, UTA 3, UTA 4, UTA 5, UTA 6, *Roof-top* e ventiladores de extracção e de insuflação.

A UTA 1 insufla ar nos pisos 1 e 2 e 3, com a excepção da biblioteca, a UTA 2 insufla ar Biblioteca no piso 2 e 3, a UTA 3 faz a renovação de ar na sala de reuniões gerais, a UTA 4 distribui ar pela sala de actos, a UTA 5 renova o ar das salas de apoio ao auditório, a UTA 6 é responsável pela ventilação da garagem e a *Roof-Top* trata da renovação do ar do auditório em que o ar é insuflado ao fundo ao auditório e extraído através de uma grelha existente na testa do palco.

No primeiro piso da biblioteca E127, não existe renovação de ar, apenas existe climatização feita por dois split's, que se encontravam limpos no exterior como se pode verificar nas figuras seguintes. Este local é utilizado como sala de estudo.



Figura 17 – Split de cassete do lado direito da biblioteca E 127



Figura 18 – Split de cassete do lado esquerdo da biblioteca E 127

Em nenhum local do edifício E foi possível tirar as grelhas de insuflação de ar, para verificar o grau de sujidade das condutas. As grelhas de insuflação e extracção de ar eram iguais, e só foi possível distingui-las se se colocasse uma folha à frente da grelha para verificar se estava a insuflar ou a extrair, ou então, também é possível distingui-las pelo grau de sujidade, ou seja, nas grelhas de extracção o grau de sujidade à volta é muito maior. Relativamente às portas de visita das condutas, não foi possível verificá-las porque as condutas encontram-se por cima do tecto falso, não havendo acesso às mesmas.

A sala E 323 da biblioteca (3º piso) foi, anteriormente, um depósito de livros. Existe um sistema de climatização que apenas funcionava no inverno para aquecer o ambiente, de forma a prevenir a degradação dos livros existentes. Hoje em dia, o depósito dos livros encontra-se no 2º piso (E 249). O sistema existente na E 323 não é utilizado regularmente dado que este espaço já não é utilizado para o mesmo efeito e o próprio sistema produz ruído incomodativo. Actualmente a E 323 é utilizada apenas como sala de estudo e não existe qualquer tipo de ventilação mecânica. Os locais onde existe ventilação são a sala E 318 e a E 249.

No 3º piso da biblioteca foi possível verificar que as grelhas de extracção de ar apresentam elevado grau de sujidade.



Figura 19 – Ventiloconvector da Biblioteca E 318 com alguma sujidade superficial



Figura 20 – Grelha de extracção de ar da biblioteca E 318 com alguma sujidade

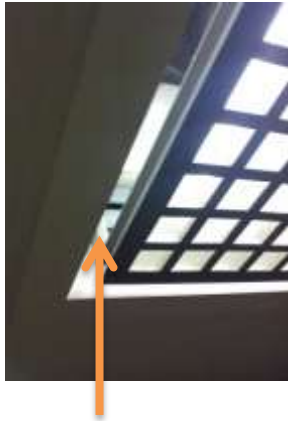


Figura 21 – Insuflação de ar efectuada para o 2º E 249 e 3º piso E 318 (local aberto para ambos os pisos)



Figura 22 – Sistema de aquecimento existente na biblioteca E 323 que anteriormente funcionava no Inverno (sistema implementado para apenas aquecer)

Como é possível observar nas figuras anteriores o grau de limpeza das grelhas não é satisfatório, sendo recomendável efectuar a limpeza do mesmo e verificar o estado do filtro do ventiloconvector, dado que não foi possível verificar o estado de limpeza dos filtros.

Na Divisão dos Sistemas Informáticos na sala E 307, situada no 3º piso, existe uma grelha de insuflação e de extracção de ar e um ventiloconvector. Na figura 23 e 24 apresenta-se o estado das grelhas:



Figura 23 – Grelha de extracção de ar, suja na divisão dos sistemas informáticos E 307



Figura 24 – Grelha de insuflação de ar limpa na divisão dos sistemas informáticos E 307



Figura 25 – Ventiloconvector com sujidade superficial na divisão dos sistemas informáticos E 307

Neste local aconselha-se a que seja efectuada uma limpeza das grelhas e do ventiloconvector.

Nas zonas dos gabinetes da Presidência do ISEP onde foram efectuadas as amostragens dos parâmetros de QAI, verificou-se que a grelha de insuflação e extracção de ar encontrava-se em bom estado de higiene e conservação.

De uma forma geral, as grelhas que apresentam maior grau de sujidade que se possa observar visualmente é na zona da biblioteca.

O registo fotográfico das unidades de tratamento de ar existentes na sala técnica e no terraço encontram-se no Anexo C.

4.1.6.2 SELECÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Na tabela 8 apresentam-se as zonas funcionais servidas por cada uma das UTA's , as respectivas áreas e o número de pontos de medição. Indica-se o número mínimo de pontos de amostragem obtido pela utilização da equação 4.1 (a cada piso, e também tomando a área total do edifício) e o número de pontos de medição efectivamente adoptado (Ver Anexo D)

Tabela 8 Descrição das zonas funcionais de cada piso.do edifício E, segundo as diferentes UTAs e número de pontos de amostragem (não incluído o radão)

Equipamento	Piso	Zonas funcionais	Área (m ²)	Nº mínimo de pontos	Nº pontos adoptados
UTA 1	1	Secretaria E133, Gabinetes E139, 145A, 145B, 135, 140 A, 121,120, 118 e 119, direcção E125, Secretariados E123, e Laboratório de línguas E 146.	1874	6	9
	2	Hall entrada, Gabinetes da Presidência E 228, E 225, E 226, E			

Equipamento	Piso	Zonas funcionais	Área (m ²)	Nº mínimo de pontos	Nº pontos adoptados
		222, Conselho Técnico Científico E 236, E 235, E 243, E 238, E 230, Biblioteca E 254 e E 249, Gabinetes E 253, E 252, E 251, E 250, E 240, E 232, Gabinete do Conselho Pedagógico E 239, Gabinete de <i>Design</i>			
	3	Biblioteca E 323, E318, E325, Divisão dos sistemas informáticos E 312, E 311, E 309, E 309, E 315, E 314 e E 307 e Salas de Apoio ao ensino E 303 e E 301			
Sem ventilação	1, 2 e 3	Átrios e Economato	485	3	2
UTA 2	2	Biblioteca (E278 e E249)	183	2	1
UTA 3	2	Sala de reuniões gerais	91	1	Não há ocupação permanente
UTA 4	2	Sala de Actos	200	2	
UTA 5		Salas de apoio ao auditório (E 206, E 202 e E 203)	136	2	
<i>Roof-Top</i>		Auditório	268	2	1
UTA 6		Cave	1200	-	Não há ocupação permanente
Unidades Split	1	Biblioteca E127	101	1	1
Total			3070	19	14
Nº mínimo de pontos *			-	8	-
Nº médio de pontos			-	14	-

*cálculo efectuado com a aplicação da área total das zonas funcionais (3070 m²), excepto a área da cave.

Como se pode analisar da tabela 8, o número total de pontos resultante da aplicação da equação (4.1) à área de cada piso é de 19 medições. Se se utilizar a área total do edifício (excluindo a cave) o número mínimo de pontos seria 8. No total foram efectuadas 14 medições, sendo estas consideradas as representativas do edifício. Na sala de actos, salas de apoio ao auditório e na sala de reuniões não foi possível efectuar as medições porque estas apenas têm ocupação pontualmente e não estava previsto estarem ocupadas durante os meses de Setembro e Outubro, quando esta avaliação foi

efectuada. No entanto, o facto de não se ter realizado as medições não é problemático e não coloca em causa a representatividade das medições do edifício, porque são espaços de ocupação pontual e geralmente de curta duração.

Na tabela 9 apresenta-se o número mínimo de pontos de medição de radão a efectuar no edifício E.

Tabela 9 Número de pontos de medição de radão no edifício E

Piso	Área total (m ²)	Número mínimo de pontos	Número de pontos adoptado
1	1194	4	1

Como já foi referido anteriormente, apenas se realizou uma medição no edifício E, porque na amostragem realizada obteve-se um nível de radão muito baixo, 20 Bq/m³, não se justificando mais medições.

4.2 AUDITORIA

Depois de definidos os pontos de amostragem e da visita inicial efectuada ao edifício passa-se à fase da auditoria em si. A auditoria consiste na avaliação dos parâmetros químicos e biológicos, na verificação dos equipamentos AVAC e na verificação do Plano de Manutenção Preventiva do sistema AVAC.

4.2.1 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS AVALIADOS

De seguida, apresentam-se, os parâmetros medidos nos edifícios I e E:

- ☑ Temperatura;
- ☑ Humidade;
- ☑ Partículas suspensas no ar, PM10;
- ☑ Dióxido de carbono;
- ☑ Monóxido de carbono;
- ☑ Ozono;
- ☑ Formaldeído;
- ☑ Compostos orgânicos voláteis;
- ☑ Radão;
- ☑ Bactérias (apenas foram realizadas 4 amostragens no edifício E);
- ☑ Fungos (apenas foram realizadas 4 amostragens no edifício E).

A temperatura e a humidade também são medidas, mas no Decreto-Lei n.º79/2006 não existe um valor limite para estes parâmetros para o caso dos edifícios existentes. Considera-se, no entanto, que essas medições são cruciais porque os restantes

parâmetros são influenciados pela temperatura e humidade. Por outro lado, as condições de conforto também dependem desses dois parâmetros. A análise de *Legionella* não se justifica nos edifícios I e E do ISEP, porque não existem sistemas de água quente sanitária em funcionamento (chuveiros e depósitos), e as UTA's não possuem tabuleiro de condensados nem humidificadores de pulverização. Relativamente às análises de parâmetros microbiológicos, apenas foram efectuadas no edifício E, em quatro locais, porque não havia orçamento suficiente para fazer em todos os pontos. Foram escolhidos 4 locais estratégicos, validados pela Presidência do ISEP, onde a distribuição de ar é feita por equipamentos diferentes.

4.2.1.1 METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE DO AR

Os grandes desafios dos peritos de QAI passa por encontrar/escolher as melhores tecnologias de monitorização dos poluentes/parâmetros a avaliar de forma a que os resultados sejam fidedignos.

Actualmente existem guias específicos nacionais como o Guia Técnico sobre a Qualidade do Ar em Espaços Interiores elaborado pela APA e guias internacionais como a ISO 16000-1:2004, que servem de orientação para escolher a metodologia mais adequada, e os procedimentos e características de amostragem. Assim, é possível obter uma estratégia de amostragem apropriada.

(Fonte: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=39844)

Em termos analíticos, foram estabelecidos métodos de referência, para a determinação da concentração dos vários poluentes. Na Tabela 10 apresentam-se os métodos de referência e os métodos equivalentes estabelecidos pela Nota Técnica NT-SCE-02, para avaliar os parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação em vigor.

Indicam-se ainda o erro máximo admitido e a resolução requerida para o equipamento.

A quantificação dos parâmetros amostrados de QAI pode ser efectuada por equipamentos de bancada ou por equipamentos portáteis com medição em tempo real. Para os equipamentos de bancada é necessário previamente recolher o ar com uma bomba de amostragem e ser analisado no laboratório por alguns dos possíveis métodos: a cromatografia gasosa, métodos electroquímicos, infra vermelhos, quimiluminescência do etileno, entre outros. O grande entrave ao uso dos equipamentos de "bancada" está relacionado com o custo e tempo de resposta do equipamento. Os equipamentos portáteis de medição em tempo real permitem quantificar mais rapidamente os poluentes e as medições ficam mais baratas. O tempo utilizado para efectuar o tratamento dos resultados e o tempo necessário para o trabalho de campo serão muito menores do que

o utilizado pelo método de bancada. No entanto, os equipamentos de bancada são mais precisos e fiáveis.

No caso dos COV's, se apenas fosse verificada a não conformidade deste parâmetro e todos os restantes parâmetros avaliados estivessem conformes, teria que se efectuar uma medição para detalhar quais os COV's que estão a influenciar as elevadas concentrações. Neste caso, a determinação de COV's seria efectuada através da adsorção em Tenax (recolha de ar para um tubo metálico contendo um enchimento) e de seguida seria analisado por cromatografia gasosa.

Tabela 10 Métodos de Referência e Equivalentes para os parâmetros avaliados [Nota Técnica NT-SCE-02, 2010]

Parâmetro	Método/Princípio de Referência	Método/Princípio Equivalente	Erro máximo	Resolução
Dióxido de carbono	Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR)	Método Electroquímico; Infra vermelho FTIR, PAS – Sensor Acústico	± 10% da cmr*	1 ppm
Monóxido de carbono	Infra Vermelho Não Dispersivo (NDIR)	Método Electroquímico; Infra vermelho FTIR, PAS – Sensor Acústico	± 10% da cmr	0,1 ppm
Partículas Atmosféricas (PM10)	Método gravimétrico com cabeça de amostragem selectiva PM ₁₀ (Recolha e pesagem do filtro)	Dispersão óptica (UV laser) Absorção por radiação Beta; Micro Balança de oscilação de peso (TEOM); Ressonância piezoelétrica	± 10% da cmr	1 µg/m ³
Formaldeído	Recolha e análise por cromatografia ISO 16000-2:2006, ISO 16000-3:2001 e ISO 16000-4:2004	Amostradores passivos impregnados com DNPH; Tubos de difusão; Método electroquímico; Método do borbulhador, Método Fotometria	± 20% da cmr	0,01 ppm
Compostos Orgânicos Voláteis	Recolha e análise por cromatografia ISO 16000-Parte V:2007, Parte VI:2004)	Amostradores Passivos (Tenax, carvão activado, etc) Canisters; Detetor de foto ionização de chama – FID; Detetor de Foto Ionização – PID, Sensor Acústico – PAS Infravermelho (FTIR)	± 10% da cmr	0,01 ppm
Ozono	Absorção Ultra Violeta (UV)	Quimiluminescência do etileno, Quimiluminescência do NO; Método Electroquímico	± 10% da cmr	0,001 ppm
Radão	Detector de estado sólido	Detectores Passivos	± 10% da cmr	1 Bq/m ³

* cmr - concentração máxima de referência

A colheita de fungos e bactérias é efectuada pelo método de impacto (ou seja, o volume de ar é impactado directamente no meio de cultura sólido). É utilizada uma bomba de amostragem de ar, em que a zona de aspiração deve ser previamente limpa com gaze esterilizada, molhada em álcool etílico a 70 % ou em álcool isopropílico. No amostrador é colocada uma placa com meios de cultura apropriados para a recolha de cada um dos tipos de microorganismos a analisar (fungos e bactérias). Segundo a Nota Técnica .NT-SCE-02, o volume de ar a recolher deve estar compreendido entre os 250 a 300 L de ar. Contudo, a experiência mostra que este volume pode ter que ser ajustado, dependendo do tipo de ambiente. Por exemplo, se a medição for efectuada em ambientes mais poluídos o volume de ar de recolha deve ser menor, para que seja possível contar o número de fungos e bactérias e para que o erro associado à contagem seja menor. A densidade adequada para reduzir o erro de contagem, deve ser inferior a 5 colónias por cm² para bactérias e 2 colónias por cm² para fungos, de acordo com a norma EN 13098:2000 – *Workplace atmosphere – Guidelines for measurement of airborne microorganisms and endotoxin*. [Nota Técnica NT-SCE-02, 2010].

Os meios de cultura utilizados para a contagem das bactérias são:

- ➔ *Trypticase soy agar* (TSA) , conhecido por *Soybean-casein Digest Agar* (SCDA);
- ➔ *Casein Soy Peptone Agar* (CSPA);
- ➔ *Nutrient Agar* (NA);
- ➔ *Plate count Agar* (PCA).

Se nas placas não se pretender desenvolvimento de fungos existem antibióticos antifúngicos como a cicloheximida que suprime o crescimento destes.

Estas placas posteriormente são enviadas para o laboratório e são incubadas entre 35 a 37 °C. A temperatura de incubação é apropriada para as bactérias a quantificar que são as que podem influenciar mais facilmente a saúde humana e também as que têm origem nos seres humanos. Podem ser consideradas outras temperaturas se se desconfiar de outros reservatórios ambientais. O tempo de incubação é de 3 a 5 dias para bactérias ambientais e 48 horas para bactérias com origem nos seres humanos.

Relativamente aos fungos, as amostras são recolhidas num dos seguintes meios de cultura:

- ➔ *Agar de Extracto de Malte* (MEA – Malt Extract Agar);
- ➔ *Agar dichloran glycerol* (DG 18) – adequado para fungos xerofílicos.

Também existem antibióticos, mas neste caso são para inibir o crescimento de bactérias. O tempo de incubação é de 3 a 10 dias e a temperatura pode variar entre 25 e 27 °C.



As amostras para análise dos parâmetros microbiológicos devem ser enviadas no próprio dia para o laboratório, sempre que seja possível, ou então num prazo máximo de 2 dias. O transporte das placas deve ser efectuado em malas térmicas a uma temperatura de 5 ± 3 °C.




A recolha de *Legionella* não se justifica nestes edifícios do ISEP, pois não existem termoacumuladores nem sistemas AQS (Água Quente Sanitária). Mas se fosse efectuada a medição seria recolhido 1 litro de água quente num recipiente de vidro ou de polietileno e posteriormente seria enviada para o laboratório. Em sítios em que o volume de água é diminuto, usam-se as zaragatoas.

4.2.1.2 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS MEDIÇÕES E NA AMOSTRAGEM DE AR

Na tabela 11 apresentam-se as principais características dos vários equipamentos usados para a determinação dos diferentes poluentes e para a amostragem do ar (colheita de microorganismos). Indicam-se os métodos analíticos para cada um dos parâmetros, referindo se se trata de um método de referência (MR) ou equivalente (ME)

Tabela 11 Especificações dos equipamentos utilizados na auditoria de QAI efectuadas ao ISEP (Fonte: Catálogos e manuais dos equipamentos)

Equipamento	Foto	Parâmetros Medido	Método utilizado	Gama	Exactidão	Resolução	Tempo de resposta
Graywolf IQ 610		Temperatura	Pt 100	-15° a 70 °C	± 0,3 °C	-	Início de estabilização ± 20 minutos. Depois os resultados são instantâneos ou programa-se o tempo que se pretende.
		Humidade	Capacitivo	0 a 100 %	± 2% se < 80 % ou ± 3% se > 80 %	-	
		Dióxido de Carbono	NDIR (MR)	0 a 10 000 ppm	± 3%	1 ppm	
		Monóxido de Carbono	Electroquímico (MR)	0 a 500 ppm	± 2% se < 50 ppm ou ± 3% se > 50 ppm	0,1 ppm	
		Compostos orgânicos voláteis	PID (ME)	5 a 20 000 ppb	1 ppb	0,01 ppm	
		Ozono	Electroquímico (ME)	0 a 1 ppm	-	0,01 ppm	
PPM Technology - Formaldemeter HTV-M Kit		Formaldeído	Electroquímico (ME)	0 a 10 ppm	± 0,3%	0,01 ppm	< 1 min

Equipamento	Foto	Parâmetros Medido	Método utilizado	Gama	Exactidão	Resolução	Tempo de resposta
Lighthouse Handheld 3016- IAQ Combo		Partículas	Díodo Laser (ME)	0,3 a 10 µm	-	1 µg/m ³	-
Sarad Radon Scout Plus RSCP-00346		Radão	Monitor contínuos de radão – detector de estado sólido (MR)	0 a 10 ⁶ Bq/m ³	-	1 Bq/m ³	120 min
Air Ideal		Microbiológicos	Impacto	-	-	-	Depende do volume escolhido

Legenda: MR- Método de Referência; ME – Método Equivalente

4.2.2 VERIFICAÇÃO DO SISTEMA AVAC

Da inspecção visual efectuada às UTA'S verificou-se que os filtros se encontram em bom estado de higiene e conservação com excepção da UTA 5 e não possuem classificação (ver anexo C). Não existe tabuleiro de condensados amovíveis em nenhuma unidade inspeccionada e na maioria dos casos os revestimentos das unidades encontravam-se soltos.

Dado às situações registadas aconselha-se como medidas de melhoria:

- colocação de tabuleiros de condensados amovíveis;
- existência de um andar de filtragem com classificação mínima de F5 segundo a normas EN779 antes das baterias ou permutadores de calor, a seguir aos ventiladores com acoplamento aos motores através de correias ou a seguir aos atenuadores acústicos.;
- ajustar os revestimentos, para não ficarem soltos;
- colocação de protectores nas correias dos ventiladores, para evitar a contaminação do ar
- eliminar a acumulação de água/humidade, para evitar o desenvolvimento de microorganismos, evidência verificada com maior intensidade na UTA 1;
- a admissão de ar deve ser efectuada a pelo menos 50 cm do piso, apesar do chão estar em boas condições de higiene aconselha-se que a admissão de ar seja o menos rente possível ao chão.

4.2.3 PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVO

Um dos aspectos que deve ser avaliado na auditoria de QAI, de acordo com o Artigo 19º do Decreto-Lei n.º 79/2006, é a verificação do plano de manutenção preventiva. Este plano de manutenção é obrigatório para a emissão do certificado energético e a elaboração e a actualização deste plano é da responsabilidade do TRF (Técnico Responsável pelo Funcionamento). Para além do TRF, no PMP deve constar um Técnico de Instalação e Manutenção (TIM III) e um técnico de QAI (TQAI), ou um técnico que possua ambas as valências. Estes técnicos, efectuem a montagem e/ou manutenção dos sistemas de climatização. (Para mais informações consultar Artigo 21º e 22º do Decreto-Lei n.º 79/2006)

Este plano deve conter as tarefas de manutenção previstas, tendo em consideração a "boa prática da profissão, regulamentação de instalação para os diferentes equipamentos e as instruções dos fabricantes" [Artigo 19º - Decreto-Lei n.º 79/2006]

O plano de manutenção deve conter no mínimo os seguintes parâmetros [decreto lei 79/2006] :

- ☑ A identificação completa e a localização do edifício;
- ☑ A identificação e contactos do técnico responsável e do proprietário;
- ☑ Descrição sumária do edifício como por exemplo: tipo de actividade, número de utilizadores, área climatizada e potência térmica total;
- ☑ Descrição detalhada dos procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas energéticos e da optimização da QAI;
- ☑ Periodicidade das operações de manutenção preventiva e de limpeza;
- ☑ Nível de qualificação profissional dos técnicos que as devem executar;
- ☑ Registo das operações de manutenção realizadas, com a indicação dos técnicos que as realizaram;
- ☑ Registo das análises periódicas de QAI;
- ☑ Definição das grandezas a medir para posterior constituição de um histórico do funcionamento da instalação.

Os responsáveis pela manutenção do edifício do ISEP disponibilizaram os planos de manutenção existentes no edifício I e E onde se efectuaram as medições dos parâmetros químicos e físicos.

Na figura 26 apresenta-se o plano de manutenção preventiva cedido pela equipa de manutenção do ISEP.

PLANO ANUAL DE MANUTENÇÃO

2012

Versão: 00

Data: 26/01/2012

Edifício: I

Nº Equipamento / Espaço	Intervenção		Anual												Periodicidade	
			1º Semestre						2º Semestre							
			1º Trimestre			2º Trimestre			3º Trimestre			4º Trimestre				
	I	E	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.		
I0001/I403		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	M
I0002/I403		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	M
I0003/I404		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	M
I0004/I405		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	M
I0005/I191		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	M
I0006/I172		X													X	A
I0007/I172		X													X	A
I0008/I102		X													X	A
I0009/I272		X													X	A
I0010/I272		X													X	A
I0011/I372		X													X	A
I0012/I372		X													X	A
I0013/I472		X													X	A
I0014/I472		X													X	A

Legenda:

Intervenção: I - Interna / E - Externa

Periodicidade: A - Anual / S - Semestral / Q - Quadrimestral / T - Trimestral / B - Bimestral / M - Mensal

Elaborado por (SMT): _____ Aprovado(Presidência): _____

Figura 26 – Plano de manutenção do edifício I

Como foi possível analisar no plano de manutenção, este não inclui toda a informação requerida pelo Artigo 19º do Decreto-Lei n.º 79/2006. Deveria especificar que tipo de intervenção foi efectuada ao equipamento e qual o técnico que efectuou ou efectuará a intervenção e não detalha os procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas energéticos e da optimização da QAI.

Anexado ao plano de manutenção, ainda existe uma lista de equipamentos (Ver anexo E) existentes no edifício I e uma ficha individual de equipamento que poderemos analisar no Anexo F.

Com base nesta análise e como proposta de melhoria do documento já existente, apresenta-se no Anexo G uma das possíveis propostas de melhoria para o plano de manutenção preventiva do ISEP, para que fique o mais completo possível.

5. RESULTADOS

Por questões de confidencialidade os resultados não foram apresentados neste relatório.

6. MEDIÇÕES EM CONTÍNUO DE CO₂ EM ESPAÇOS DIFERENTES DO ISEP

Por questões de confidencialidade as medições em contínuo de CO₂ não foram apresentadas neste relatório.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão relatadas as observações mais importantes verificadas ao longo de todo o trabalho realizado na avaliação da qualidade do ar interior nos edifícios I e E do ISEP e nas medições em contínuo de CO₂ efectuadas nas salas H 306 e H 308 e no Auditório Magno.

Antes disso, importa referir a importância que o Estágio Curricular na SGS teve para o enriquecimento da formação nestas áreas, que não fazem parte especificamente do plano de estudos do Mestrado. Ao longo do estágio foi possível adquirir experiência na aplicação da regulamentação e dos métodos utilizados na avaliação da QAI. Com a realização das auditorias efectuadas durante o estágio em diferentes contextos (salas de cinema e instalações bancárias) e com a realização dos respectivos relatórios foi possível adquirir sensibilidade e desenvolvimento de espírito crítico em relação às metodologias aplicadas e aos resultados obtidos da avaliação dos parâmetros químicos e

microbiológicos. O facto de trabalhar com peritos de QAI, fez com que esta formação ainda fosse mais enriquecedora.

A avaliação da QAI no edifício I (11 pontos de amostragem) permitiu concluir que os parâmetros não conformes, na altura da medição, eram o CO₂, CO, HCHO e partículas. Foram registados valores elevados de formaldeído (0,18 mg/m³) na sala I 101, acima do valor de referência (0,1 mg/m³). Nesta sala era perceptível o odor intenso a produtos de tratamento e protecção da madeira, essencialmente vernizes. A concentração de partículas também excedeu o valor máximo de referência (0,15 mg/m³) nas salas I 204 (0,51 mg/m³), I 301 (0,21 mg/m³) e I 305 (0,28 mg/m³) muito provavelmente porque estas salas possuem quadros de giz, sendo este um meio próprio à libertação de poeiras.

Aplicando a equação de correcção da concentração de CO₂ (eq. 5.2) sugerida pelo critério de conformidade da Nota Técnica NT-SCE-02, foram obtidos valores elevados de CO₂ (entre 2780 e 9269 mg/m³) na maioria dos locais (7), e bastante acima do valor máximo de referência (1800 mg/m³). Esta correcção pretende contemplar o facto de a ocupação real da sala, no momento da medição, poder ser inferior à sua capacidade máxima. Se fosse considerado como resultado o valor medido de CO₂, sem aplicação dessa expressão, apenas se registariam dois locais com valores de CO₂ acima da concentração máxima de referência. Os valores medidos em todos os espaços variam entre 833 e 1568 mg/m³. O 2º critério de conformidade de CO₂, inequação 5.3, não foi aplicado porque existiam outras não conformidades detectadas no edifício e não se justificava estar a efectuar avaliações mais prolongadas.

É importante referir que, desde que as salas estejam a ser usadas bastante aquém da sua lotação máxima, a qualidade do ar interior, em termos de CO₂, não será preocupante. Os valores corrigidos dão contudo a indicação de que, se for necessário utilizar esses espaços na sua lotação máxima, a qualidade do ar interior irá ser significativamente afectada.

Da avaliação ao edificio E (14 pontos de amostragem, para os parâmetros físico-químicos e quatro pontos de amostragem para os parâmetros microbiológicos), as não conformidades detectadas estão relacionados com CO₂, partículas e bactérias. As bactérias excederem o valor limite de referência (500 UFC/m³) na sala E 127 da Biblioteca (760 UFC/m³) e no Auditório (930 UFC/m³). A elevada concentração de bactérias no Auditório pode dever-se à existência de alcatifa, pois este é um meio propício ao seu desenvolvimento e há elevada ocupação de pessoas registada na altura da medição. Recomenda-se assim, que sejam efectuadas limpezas/lavagens à alcatifa e às cadeiras, mais frequentemente. Na biblioteca (sala E 127), considera-se que também

deve ser efectuada uma melhor higienização da zona e que seja reduzida a abertura da porta, pois há entrada de fumo do tabaco vindo do exterior.

Relativamente às concentrações de CO₂ no edifício E, verifica-se que foram obtidos valores (corrigidos) acima do valor máximo de referência em 6 dos 11 locais avaliados (o valor da concentração de CO₂ variou entre 1009 e os 10360 mg/m³)

Assim sendo, comparando as não conformidades relativamente à avaliação dos parâmetros químicos nos edifícios I e E, verificou-se que existem mais parâmetros não conformes no edifício I. Ou seja, os sistemas AVAC existentes nos edifícios se estiverem em pleno funcionamento e com uma manutenção adequada, são capazes de melhorar a qualidade do ar interior dos edifícios.

Relativamente às concentrações de COV's e de ozono, os resultados foram inconclusivos porque a sonda não estava a funcionar correctamente.

Foram efectuadas medições em contínuo de CO₂ nas salas H 306 (período das 08:43 h horas às 16:50 h horas) e H 308 (das 13:52 h horas às 23:05 h horas), onde apenas existe ventilação natural e no Auditório Magno (período entre 22:00 h e as 23:59 h) onde existe ventilação mecânica.

O gráfico da evolução da concentração de CO₂ na sala H 306 foi construído com os valores medidos directamente da sonda de CO₂. Se se aplicasse a correcção relativa ao número de ocupantes (primeiro membro da inequação 5.2), na medição efectuada na sala H 306 ao fim de meia hora de ocupação, a concentração de CO₂ já tinha excedido o valor máximo de referência (1800 mg/m³). O valor de CO₂ obtido variou entre os 845 e os 2419 mg/m³.

Na medição em contínuo da sala H 308 verificou-se que (sem qualquer correcção) ao fim de 25 minutos de ocupação, já se tinha ultrapassado a concentração máxima de referência (1800 mg/m³). A concentração medida de CO₂ variou entre os 950 e os 4985 mg/m³. Se se aplicasse a correcção relativa ao número de ocupantes, logo no primeiro minuto de ocupação o valor de referência já tinha sido ultrapassado.

Verificou-se que na medição em contínuo do CO₂, este aumenta à medida que aumenta a ocupação da sala. Apenas se verificou um decréscimo mais significativo da concentração durante a hora de almoço, nas salas H 306 e H 308. No Auditório Magno como durante a medição não existiram intervalos, a concentração de CO₂ foi sempre crescente (variando entre os 829 e 3631 mg/m³).

Como se verificou no capítulo 6 da dissertação, a aplicação do 1º critério de conformidade para o CO₂ influencia significativamente os resultados deste parâmetro.

Assim sendo, conclui-se que a aplicação da expressão tem de ser feita com sensatez e o número máximo de ocupantes para uma dada área também deverá ser escolhido com algum cuidado (tendo em consideração o histórico de ocupação real máxima do espaço, sempre que possível) para não inflacionar os resultados da concentração de CO₂.

Pode-se concluir que a ventilação existente em ambos os edifícios não é totalmente eficiente.

Da inspecção AVAC, verificou-se que as unidades não possuem botão de paragem de emergência, não existe tabuleiro de condensados e os filtros não possuem classificação, sendo aconselhável aplicar algumas medidas correctivas de forma a tornar o tratamento de ar mais eficiente. As medidas a aplicar podem ser as seguintes: colocação de tabuleiro de condensados amovíveis nas unidades de tratamento de ar, ajustar os revestimentos que se encontram soltos, eliminar a acumulação de água registada na UTA 1, entre outros.

A não existência de um tabuleiro de recolha de condensados, pode levar à acumulação de humidade no interior das unidades (UTA's ou Roof-Top), proporcionando o desenvolvimento de *legionella*.

O Plano de Manutenção existente no edifício I e E, não se encontra completo, sendo recomendável corrigi-lo. No anexo G encontra-se uma das possíveis propostas de melhoria.

Dados estes resultados conclui-se que o edifício I e E não estão conformes, ficando sujeitos a um PACQAI (Plano de Acções Correctivas de QAI), ou seja, se fosse emitido um Certificado Energético, este viria com uma marca de água.

Como a avaliação QAI efectuada aos edifícios ficou incompleta devido a problemas na resposta dos sensores de COVs totais e de ozono, recomenda-se que todos os anos seja efectuada a calibração dos equipamentos de medição dos parâmetros químicos na marca. A última calibração efectuada na marca foi efectuada em 2010. Apesar de ser efectuada uma calibração com os gases de referência, antes de cada série de medições, esta calibração pode não ser suficiente.

Aconselha-se que as amostragens microbiológicas sejam efectuadas em todos os locais, para caracterizar melhor o edifício e deverá ser efectuado um duplicado para cada ponto, para garantir uma maior fiabilidade dos resultados.

Uma das grandes lacunas apresentadas na avaliação da QAI é o facto de não ter em conta a sinergia dos poluentes e a susceptibilidade dos indivíduos, ou seja, um poluente pode cumprir os limites legais estabelecidos, mas a associação de dois ou mais poluentes pode-se tornar mais perigosa, mesmo não excedendo a concentração máxima de referência.

Para calcular o número mínimo de pontos, a Nota Técnica NT-SCE-02 apenas refere que se devem agrupar as zonas que possuem a mesma distribuição de ar ou zonas que contenham actividades ou fontes de emissão de poluentes semelhantes. Contudo, no cálculo, o perito pode agrupar as zonas por pisos ou pela área total abrangida pela mesma distribuição de ar, ou seja, não existe uma regra específica, tornando-se assim o método ambíguo. Dependendo do método escolhido, poderá obter-se um número de pontos diferentes.

A avaliação da qualidade do ar interior não tem em conta o tempo de exposição e a dose de poluente que efectivamente é inalada. Por exemplo numa escola, em que os alunos geralmente só estão 2 horas na mesma sala e depois vão variando os locais de permanência, será que se estiver exposto apenas durante 2h/dia a níveis elevados de CO₂ será prejudicial? Justifica-se considerar o edifício não conforme, nesta situação?

REFERÊNCIAS

Adene, 2011

http://www.adene.pt/pt-pt/form/RSECE/Documents/Tema%206_MQAI_47e48.pdf

(consultado a 28 de Julho de 2012)

APA 2010. “Guia Técnico - Qualidade do ar em espaços interior” Maio

ASHRAE Standard 62-2001. “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality” pág 25
ANSI/ASHRAE

Araújo.A, 2007. “Relatório do Observatório Nacional das Doenças Respiratórias” ONDR.

Benoliel, M. Fernando, A. Diegues, P, 2010.” Prevenção e Controlo de Legionella nos Sistemas de Água”. Instituto Português da Qualidade/ Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento Comissão Sectorial para Água (CS/04)

Brown SK, Sim MR, Abramson MJ, Gray CN, 1994. “Concentrations of volatile organic compounds in indoor air-a review”. Indoor air, 4: 123-143

Brown, S., 1997. “Indoor Air Quality” Australia: State of the Environment Technical Paper series (Atmosphere), Department of the Environment.

Cheong, K., Chong,. 2001. "Development and application of an indoor air quality audit to an air-conditioned building in Singapore" *Building an Environment* 36 (2001) 181-188

EPA, 2009. "A Citizen's Guide To Radon – The Guide to Protecting Yourself and your Family from radon" EPA 402/K-09/001

France Air, 2011. " Regulamentação Classificação do filtro" (consultado a 1 de Outubro 2012)

<http://www.franceair.com/pt/LinkClick.aspx?fileticket=t6JPskMWy%2FU%3D&tabid=935>

Government of the Hong Kong Special Administrative Region Indoor Air Quality Management Group, 2003. "Guidance Notes for the Management of Indoor Air Quality in Offices and Public Space"

Hellsing, Vanda, 2009. " Indoor Air Quality in junior high schools in Reykjavik" Thesis Environmental and Natural Resources, University Iceland

Jones, A. P, 1999. "Indoor air quality and health" *Atmospheric Environment*, Vol. 33, págs 4535–4564.

Kay, J, Keller, G, Miller, J, 1991. " Indoor Air Pollution – Radon, Bioaerosols & VOC's" Lewis Publishers

Lee SC, Li WM, Chio-Hang. (2002). "Investigation of indoor air quality at residential homes in Hong Kong-case study". *Atmospheric Environment*, 36: 225-237

Pinto, M, 2012. "Regulamentação: aplicação e novos desafios" ADENE

Madureira. J, 2005. "Impacte de uma Grande Linha de Tráfego na Qualidade do Ar e na Saúde – Avaliação em Escolas da Cidade do Porto" Dissertação para obtenção à Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Matos, J. Brantes, J. Cunha, A, 2010. "Qualidade do Ar em Espaços Interiores – Um Guia Técnico" Edição: Agência Portuguesa do Ambiente (APA)

Maroni, M.; Seifrt, B.; Lindvall, T, 1995. "Air Quality Monographs . Vol 3, Indoor Air Quality: A comprehensive reference book" Elsevier (consultado a 29 de Julho de 2012)

Nicolas L. Gilbert., Mireille Guaya., et al. 2008. "Air change rate and concentration of formaldehyde in residential indoor air" *Atmospheric Environment* 42 (2008) 2424 –2428

Nota Técnica NT-SCE02, 2010. "Metodologias para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE". APA

Raub, J. A., M. MathieuNolf, N. B. Hampson, AND S. R.Thom, 2000. “Carbon Monoxide Poisoning - a Public Health Perspective”. TOXICOLOGY (145):1 <http://cfpub2.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=65703> (consultado em 18 Dezembro 2011)

Reger, D., Mercer, E, 1997. “Química: Principios e Aplicações” pag. 1009. Edição: Fundação Calouste Gulbenkian.

Santos J., 2008. “Avaliação experimental dos níveis de qualidade do ar interior em quartos de dormir - Um caso de estudo” Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil- Reabilitação de Edifícios, Universidade Nova de Lisboa. pags 36 e 37

Souto, J, 1999.“ Impacto dos Filtros na Qualidade do Ar Interior” Mestrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, FEUP

Santos, A; 2008. “Microbiologia do ar: monitorização do ar em ambiente hospitalar” Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para Grau de Mestre em Microbiologia

Santos, A.,2001.“ O Tamanho das Partículas de Poeiras Suspensas no Ar dos Ambientes de Trabalho, dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais.

Spengler, J.D.; Samet, J.M; McCarthy, J.F, 2000. “Indoor Air Quality Handbook” Editors McGraw-Hill

Silva, V, 2011. “ Impacto dos sistemas de climatização no conforto térmico em edifícios” Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Silva, J, 2012. “Centro de Congressos do ISEP” Conselho Directivo Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Timothy B. Weyandt, M.D., M.P.H.and Charles David Ridgeley, JR., M.D., M.S. 1993. “Carbon Monoxide” Occupational Health: The Soldier and the Industrial Base http://www.bordeninstitute.army.mil/published_volumes/occ_health/OHch11.pdf (consultado em 18 de Dezembro 2011)

U.S.Consumer Product Safety Commission.1997. “An update on Formaldeyde” <http://www.cpsc.gov/cpsc/pub/pubs/725.pdf> (consultado a 22 de Dezembro 2011)

U.S. Environmental Protection Agency, 2006. “Toxicity and Exposure Assessment for Children’s Health” Formaldehyde Teach Chemical Summary

U.S. Environmental Protection Agency, 2010. "Toxicological Review of Formaldehyde - inhalation assessment ".In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS) VOLUME II of IV, Hazard Characterization. págs. 19 a 30

http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_2.html#text1 (consultado a 30 de Dezembro 2011)

WHO, 2000. "Air Quality Guidelines for Europe" Second Edition

WHO, 2010. "WHO guidelines for indoor air quality selected pollutants" Second Edition

Wong, S. Lai, L. Ho, D. Chau, K. Lamb, C. Hung-Fai, C, 2009. " Sick building syndrome and perceived indoor environmental quality: A survey of apartment buildings in Hong Kong" Elsevier Habitat International 33 (2009) 463–471

Wolkoff, P., Nielsen, G. 2001. "Organic compounds in indoor air-their relevance for perceived indoor air quality?" National Institute of Occupational Health, Lers Parkallé 105, DK-2100 Copenhagen, Denmark. Atmospheric Environment 35 (2001) 4407–4417

Olesen, B; Wargocksi, P., 2008. "Indoor 2008 - The 11th International Conference on Indoor Air Quality and Climate – Programme"

http://www.dtu.dk/upload/subsites/indoor_air_2008/programme%20book.pdf (Consultado a 10 de Março 2012)

Quadros, M. 2008. " Qualidade do Ar em Ambientes Internos Hospitalares: parâmetros Físico - Químicos e microbiológicos." Florianópolis- SC. Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Sites da Internet:

<http://www.megaclima.pt/precario-desumidificador-comercial.php> (Consultado a 12/03/2012)

www.itn.pt/docum/relat/radao/itn_gas_radao.pps (Consultado a 12/03/2012)

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/climatizacao_poluicao.pdf (consultado 16/04/2012)

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/cent_VRV.pdf (consultado 16/04/2012)

Catálogo Ventilnorte, 2012

http://www.google.com/imgres?q=interior+de+uma+unidade+de+tratamento+de+ar&um=1&hl=pt-PT&client=firefox-a&rls=org.mozilla:pt-PT:official&biw=1440&bih=749&tbn=isch&tbnid=uo_ZluwBjzLxM:&imgrefurl=http://www.ventilnorte.com/ventilbox/unidadesTratamentoArDD.htm&docid=ybztjLxG68xyuM&imgurl

[=http://www.ventilnorte.com/ventilbox/img/Unidade_DD_int.jpg&w=450&h=295&ei=LbtqULPIOo23hAekhoG4AQ&zoom=1&iact=rc&dur=506&sig=108742925900494788812&page=1&tbnh=167&tbnw=244&start=0&ndsp=15&ved=1t:429,r:0,s:0,i:71&tx=150&ty=103](http://www.ventilnorte.com/ventilbox/img/Unidade_DD_int.jpg&w=450&h=295&ei=LbtqULPIOo23hAekhoG4AQ&zoom=1&iact=rc&dur=506&sig=108742925900494788812&page=1&tbnh=167&tbnw=244&start=0&ndsp=15&ved=1t:429,r:0,s:0,i:71&tx=150&ty=103)

(Consultado a 12/10/2012)

http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/MyPage/parametriza_AVAC.pdf (consultado 16/04/2012)

<http://www.sanyo.pt/loja/detalhe.php?id=591&cat=353> (consultado dia 10/10/2012)

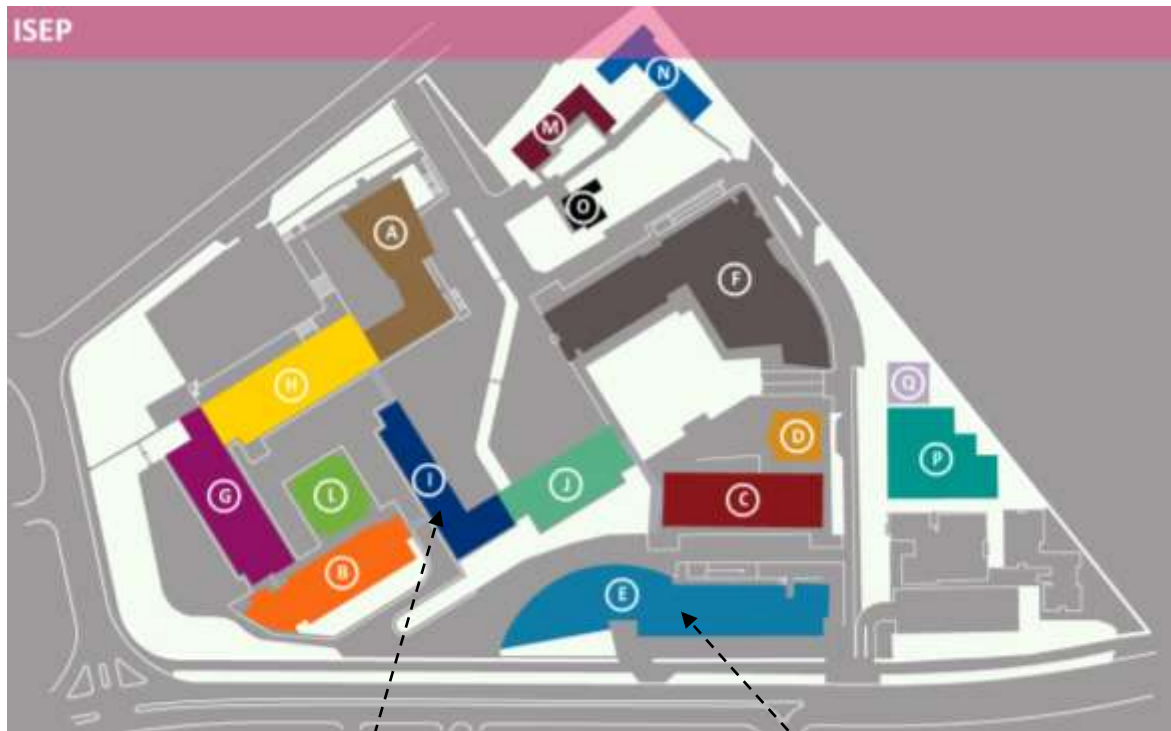
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=39844 (consultado dia 12/10/201)

ANEXOS

Nota: Os Anexos C, E, F, G e I não foram apresentados por questões de confidencialidade

Anexo A

NA figura seguinte apresenta-se a planta simplificada dos diferentes departamentos existentes no ISEP. Apenas será efectuada a avaliação da qualidade do ar no edifício E e I.



Edifício onde são leccionadas aulas de Eng. Electrotécnica e Eng. Civil e está sediado um grupo de investigação - GECAD

Edifício Administrativo e Biblioteca

Figura A. 1 Planta do Campus do ISEP

Anexo B

Nas figuras B.1 a B.4 apresentam-se as plantas do edifício I com os respectivos locais onde foram efectuadas as medições.

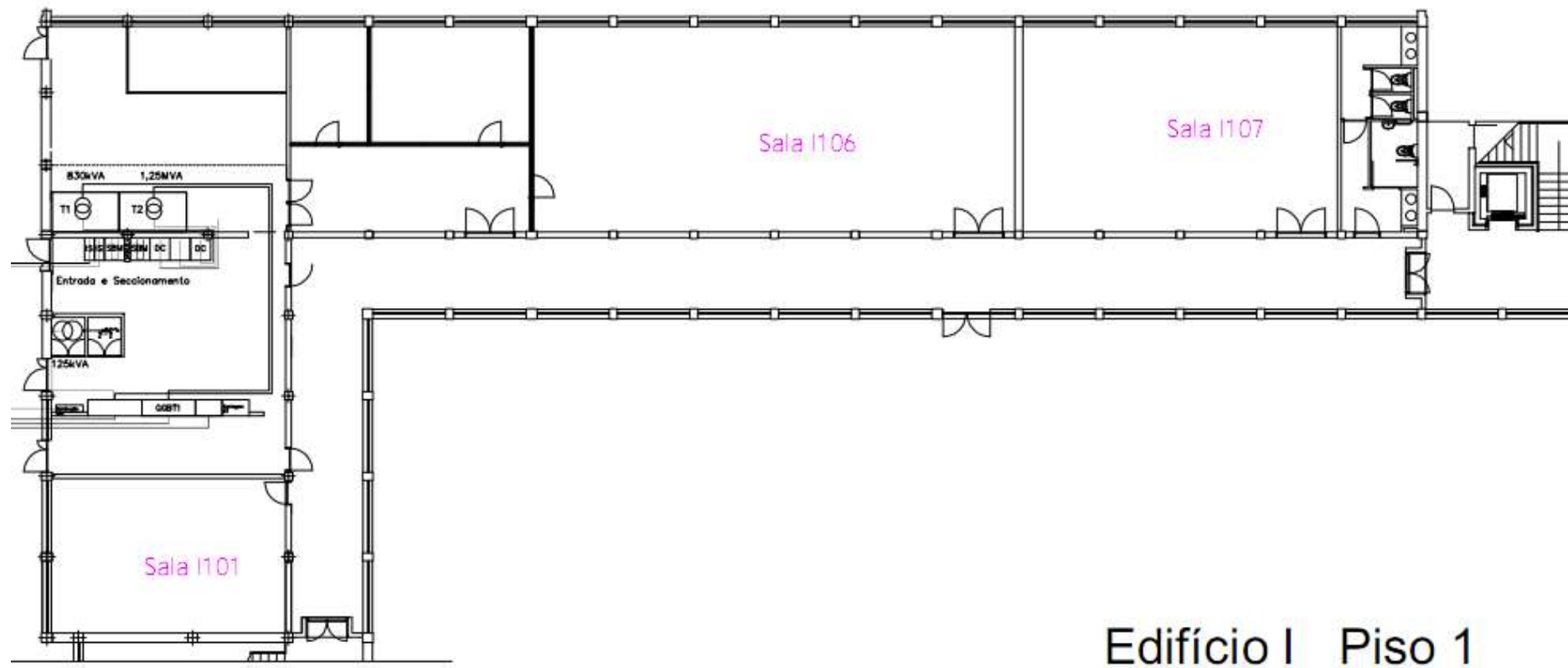


Figura B. 1 Planta do Edifício I – 1º piso, com indicação das salas, onde foram efectuadas as medições de QAI

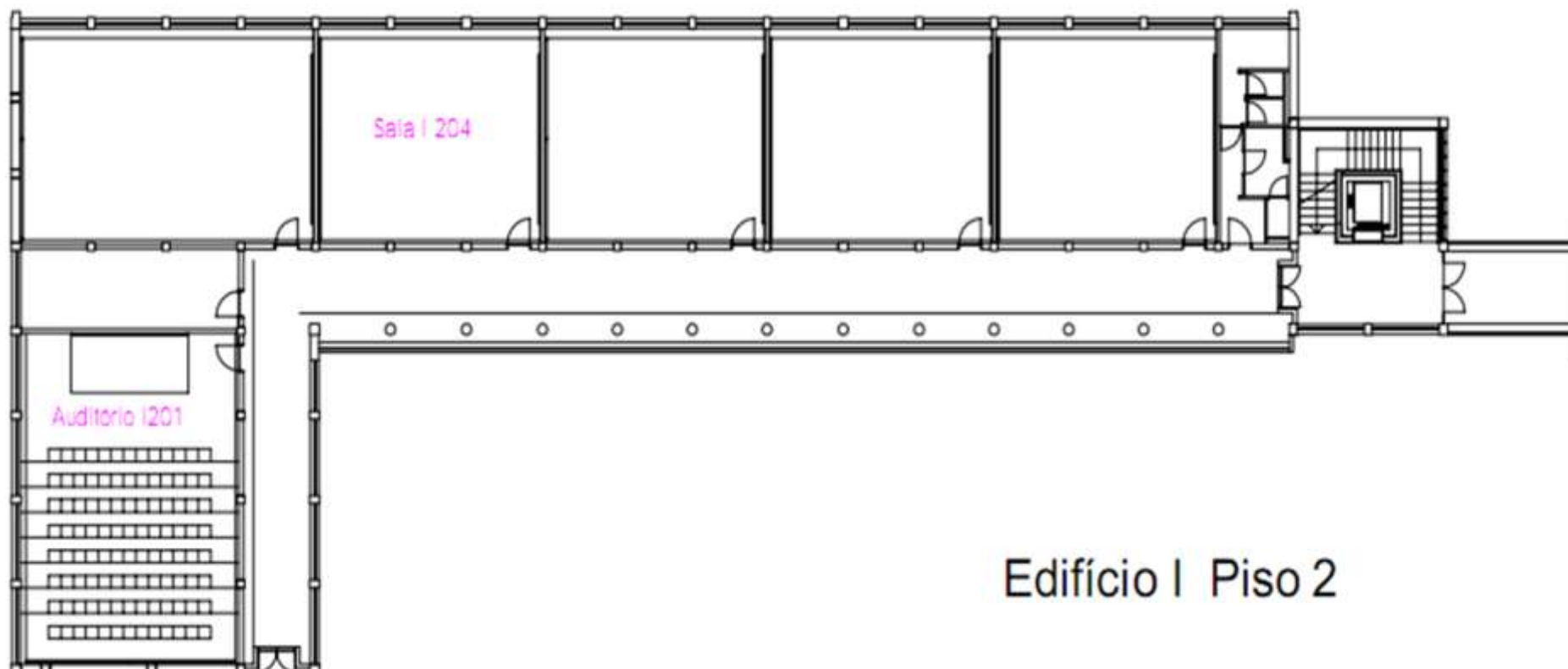


Figura B. 2 Planta do Edifício I – 2º piso, com a localização, onde foram efectuadas as medições de QAI

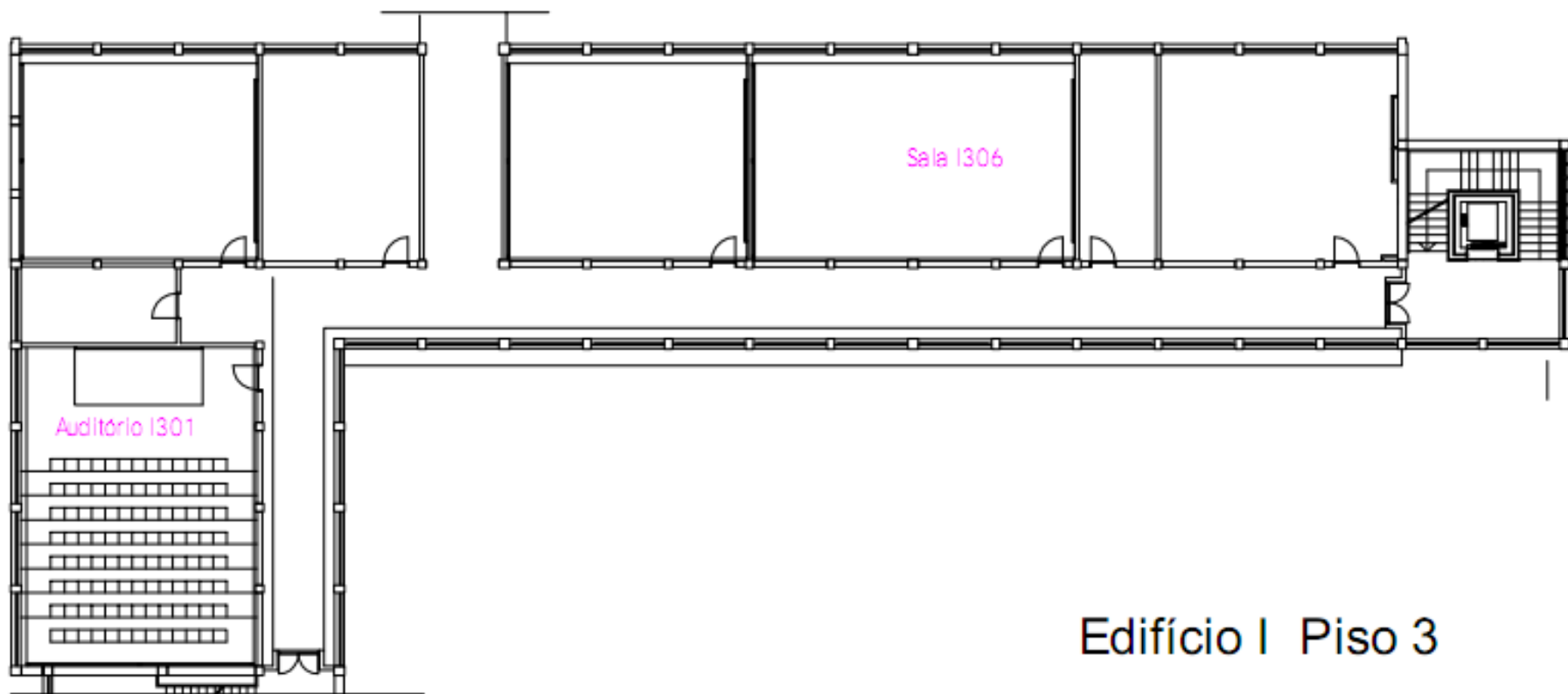
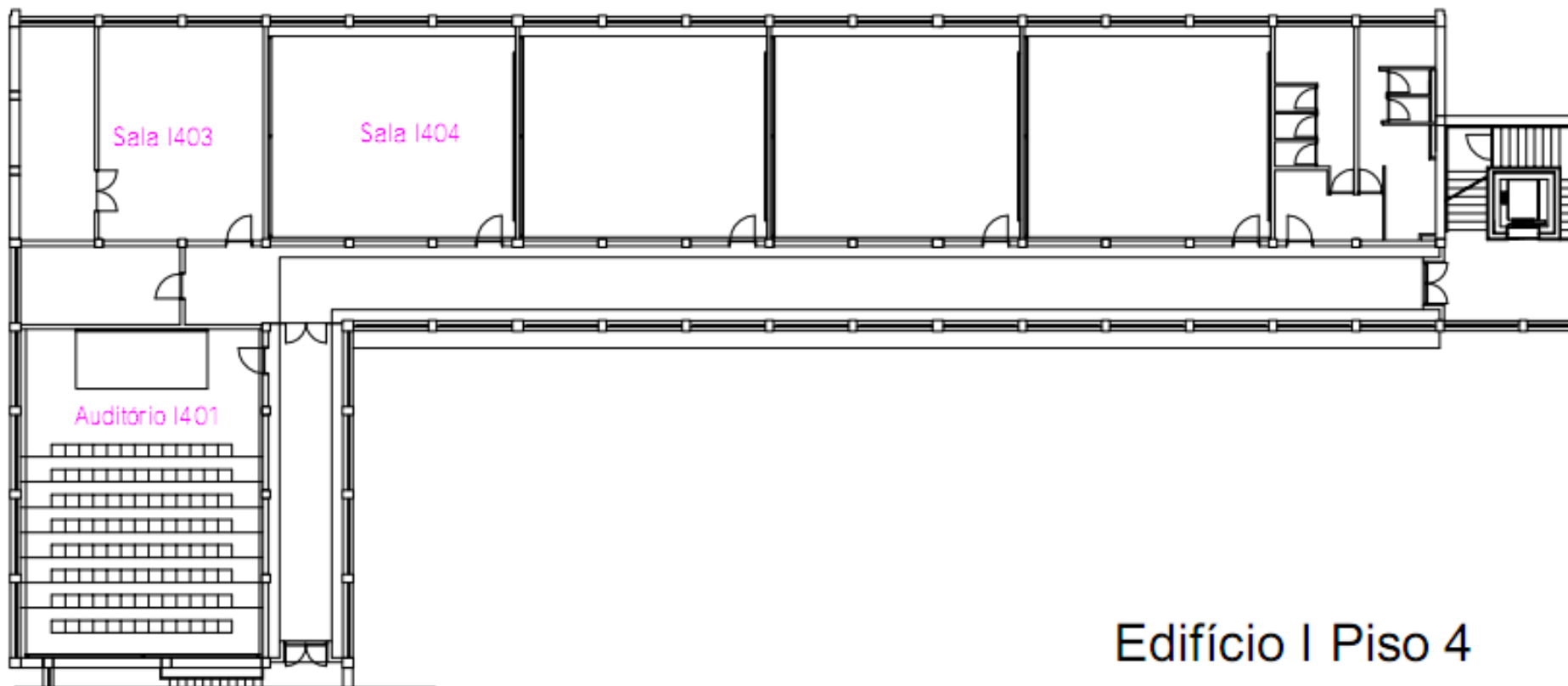


Figura B. 3 Planta do Edifício I - 3º piso, com indicação onde foram efectuadas as medições de QAI



Edifício I Piso 4

Figura B. 4 Planta do Edifício I - 4º piso, com indicação onde foram efectuadas as medições de QAI

Anexo D

Nas figuras D.1 a D.4 apresentam-se as plantas do edifício I com os respectivos locais onde foram efectuadas as medições.

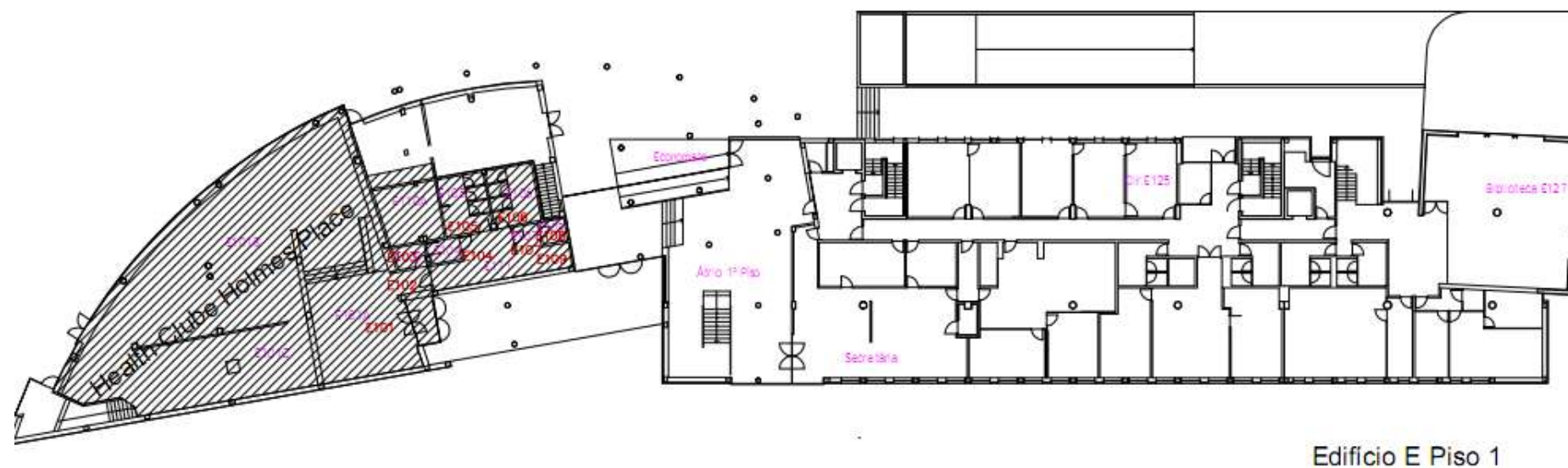


Figura D. 1 Planta do Edifício E - 1º piso, nos locais onde foram efectuadas as medições de QAI

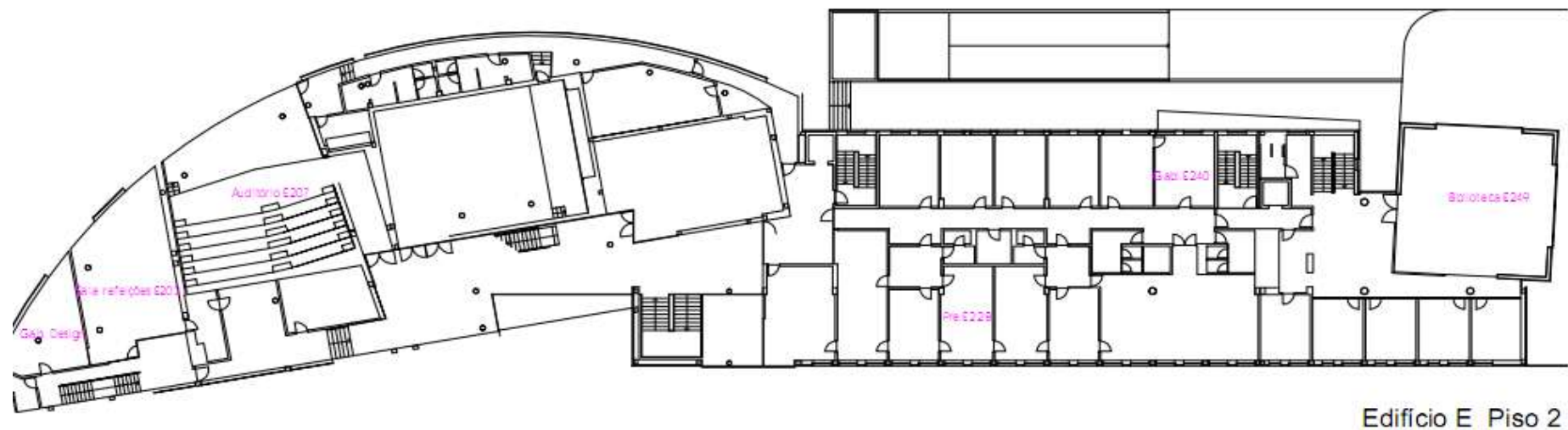


Figura D. 2 Planta do Edifício E - 2º piso, nas instalações onde foram efectuadas as medições de QAI

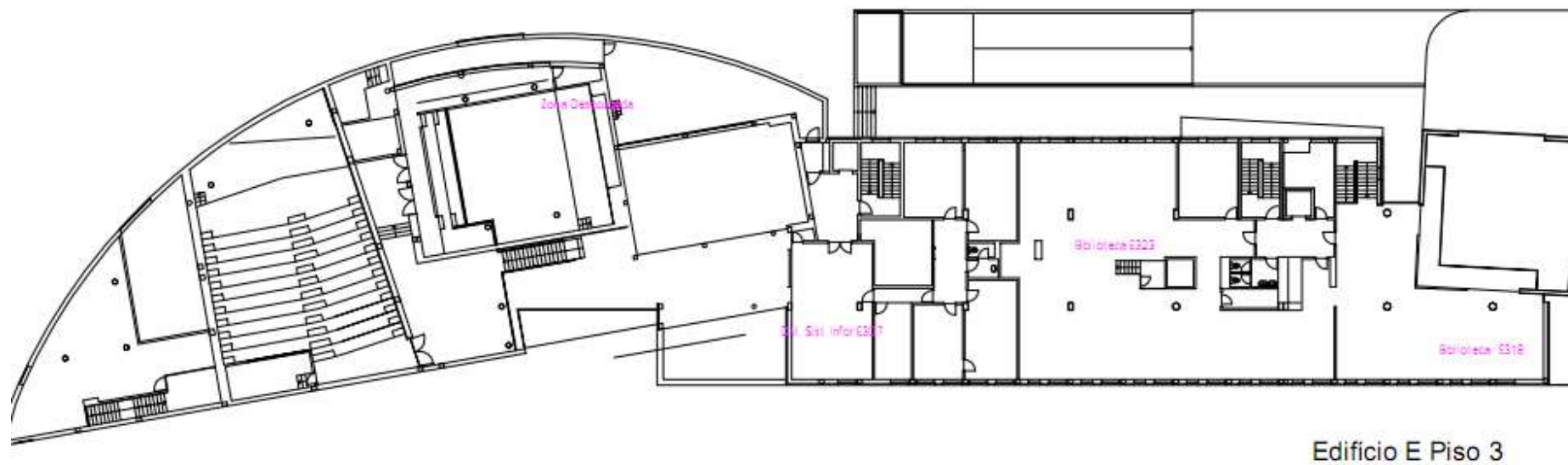


Figura D. 3 Planta do Edifício E -3º piso, nos locais onde foram efectuadas as medições de QAI

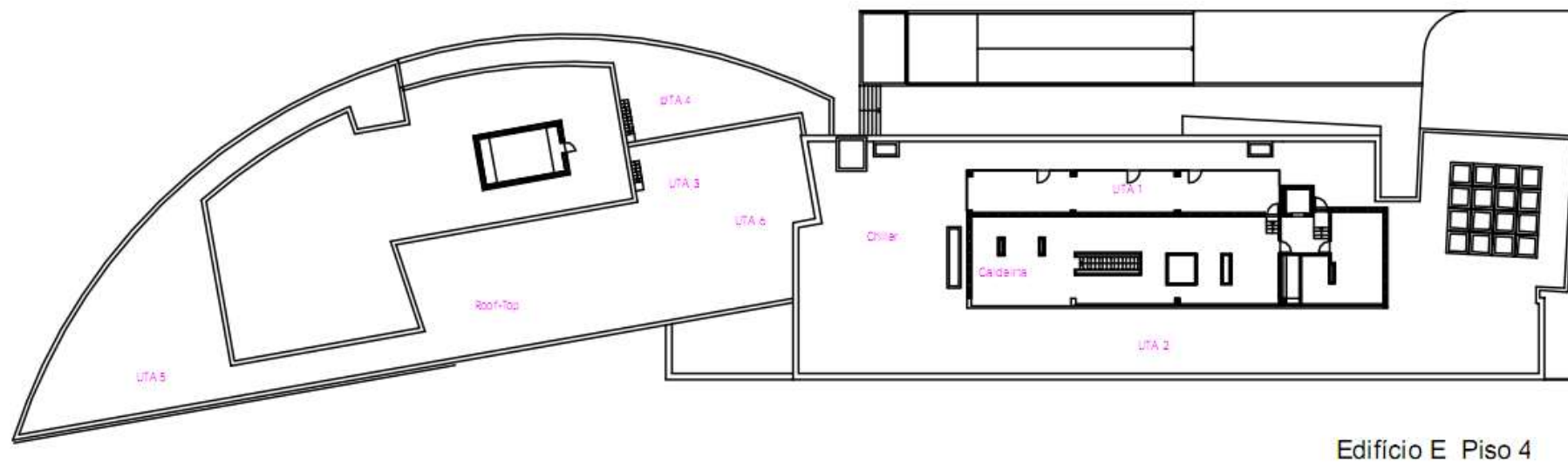


Figura D. 4 Planta do Edifício I - 4º piso (Cobertura e Sala técnica) onde foram efectuadas as medições de QAI

Anexo H

Neste anexo apresenta-se os certificados de calibração dos equipamentos, *Graywolf*, *LIGHTHOUSE*, *FORMALDEMETER*, *RADON-SCOUT PLUS* e *AIR IDEAL* efectuadas na marca.



Gray Wolf Sensing Solutions
Calibration Certificate

Model # IQ610 Indoor Air Quality Probe with PID
Serial # 05-655
Multiprobe: Yes
Date: 21st January 2010

Temperature		
Actual (+/-0.3°C)	14.62°C	42.42°C
Measured	14.62°C	42.42°C

Relative Humidity		
Actual (+/-2%RH)	11.10%	79.20%
Measured	11.10%	79.20%

Carbon Dioxide (Socket 2) (Serial # NR 002900)		
Actual (+/-2%)	351ppm	985ppm
Measured	351ppm	985ppm

Ozone (Socket 3) (Serial # 11247596950)		
Actual (+/-2%)	0ppm	6.00ppm
Measured	0ppm	6.00ppm

TVOC (Socket 4) (PPB+) (Serial # 26711009)		
Actual (+/-2%)	0ppb	8000ppb
Measured	0ppb	8000ppb

Carbon Monoxide (Socket 5) (Serial # 11284854119)		
Actual (+/-2%)	0ppm	95.70ppm
Measured	0ppm	95.70ppm

EMAIL: Quality@WolfSense.com
Web: www.WolfSense.com



vortice
Equipamentos Certificados, Lda.
R. do Espírito, 21 - Paço da Quinta 114 1610-000 LISBOA
TEL: +351 21 306 1000 FAX: +351 21 306 1001
WWW.VORTICE.COM.PT EMAIL: certificacao@vortice.com.pt

Figura H. 1 Certificado de calibração da sonda Graywolf



REPORT OF CALIBRATION

Model : **Handheld 3016 IAQ**
Sensor ID : **100102-014**
Serial Number : **091244014**
TRH Probe: **124032**

This certifies the above named instrument conforms to the original specifications in effect at date of manufacture and test.

Calibration has been accomplished by comparison with standards maintained by LIGHTHOUSE WORLDWIDE SOLUTIONS and the size calibration is accomplished in accordance with the ISO 21501-4 standard. The accuracy and stability of standards maintained by LIGHTHOUSE WORLDWIDE SOLUTIONS are traceable to the National Institute of Standards and Technology, or have been derived from acceptable values of natural physical constants. A record of all work performed is maintained by LIGHTHOUSE WORLDWIDE SOLUTIONS, INC.

Test Equipment:

Flow Meter: 101501	Calibration Due: March 3, 2010
DMM S/N: 91110178	Calibration Due: April 9, 2010
Reference S/N: 2204	Calibration Due: June 9, 2010
TRH Reference: B4920118/C1410007	Calibration Due: May 13, 2010

Calibration was performed under the following controlled conditions
Reference Temp: **72.4°F** Reference RH: **32.6%** Flow Rate: **0.099 CFM**
 UUT Temp: **72.5°F** UUT RH: **32.7%**

Final Test Date: January 15, 2010

Threshold Voltage Settings:

Particle Size 0.3µm Lot # 35127	Channel 1 Threshold Voltage 49.0 mV
Particle Size 0.5µm Lot # 34605	Channel 2 Threshold Voltage 392.0 mV
Particle Size 1.0µm Lot # 33084	Channel 3 Threshold Voltage 959.0 mV
Particle Size 2.5µm Lot # 35261	Channel 4 Threshold Voltage 1762.0 mV
Particle Size 5.0µm Lot # 32756	Channel 5 Threshold Voltage 3412.0 mV
Particle Size 10.0µm Lot # 32315	Channel 6 Threshold Voltage 4350.0 mV

Signature: 
Quality Assurance

Certification Date: January 15, 2010

Next calibration on this instrument is due: January 15, 2011

Figura H. 2 Certificado de calibração do medidor de partículas -Lighthouse



Kalibrierzertifikat / Calibration Certificate

Zertifikat Nr. <i>Certificate No.</i>	CC_RSC_Plus_00346_2010-02-11		
Gerät <i>Instrument</i>	Radon-Scout Plus	Seriennummer <i>Serial Number</i>	RCSP-00346

Die Bestimmung der Sensitivität erfolgt anhand einer Vergleichsmessung in einer geschlossenen Kalibrierkammer mit einem Volumen von ca. 12 m³ unter den im Zertifikat angegebenen Bedingungen. Als Vergleichsnorm wird ein kontinuierlich arbeitendes Referenzgerät verwendet, welches einer jährlichen Anschlusskalibrierung durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS, DKD akkreditiert durch die PTB) unterzogen wird.

Die Dauer der Vergleichsmessung wird so gewählt, dass der statistische Fehler (2 σ Vertrauensintervall) des zu kalibrierenden Gerätes $\pm 5\%$ nicht übersteigt. Der statistische Fehler (3 σ Vertrauensintervall) der Referenzmessung ist kleiner $\pm 1\%$, die systematische Abweichung vom Kalibriernormal (DKD) beträgt maximal $\pm 8\%$.

Für die Einhaltung der angemessenen Frist von 1 Jahr zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

The sensitivity of the instrument will be determined by comparison to a reference instrument within a sealed 12 m³ calibration chamber under the ambient conditions stated in this certificate. The reference instrument undergoes an annual re-calibration by the German federal office for radiation protection "Bundesamt für Strahlenschutz" (BfS, DKD accredited by PTB).

The duration of the comparison measurement will be set as long to ensure a maximum statistical error (2 σ confidence interval) of $\pm 5\%$ for the instrument under calibration. The statistical error (3 σ confidence interval) of the reference measurement is below $\pm 1\%$, the systematic deviation related to the calibration standard (DKD) does not exceed $\pm 8\%$.

The user is obliged to have the object recalibrated at the appropriate interval of 1 year.

Kalibrierbedingungen / Ambient Conditions

Parameter <i>Parameter</i>	Grenzwerte <i>Limits</i>			Messwerte <i>Actual Values</i>		
	Einheit / <i>Unit</i>	Minimum	Maximum	Minimum	Mittelwert Average	Maximum
Radonkonzentration <i>Radon Concentration</i>	Bq/m ³	1500	2500	1669	1793	1887
Gleichgewichtsfaktor <i>Equilibrium factor</i>	-	0,10	0,70	0,25	0,27	0,29
Luftfeuchte <i>Humidity</i>	%	30	70	62	63	63
Temperatur <i>Temperature</i>	°C	10,0	30,0	19,0	19,0	19,0

Sensitivität / Sensitivity

Sensitivität <i>Sensitivity</i>	cts/(min*kBq/m ³)	1,85
Statistischer Fehler <i>Statistical Error</i>	% (2 σ)	2,2


SARAD GmbH Wiesbadener Straße 10 D-01159 Dresden Tel: ++49/(0)351-6580712 Fax: ++49/(0)351-6580718 e-mail: info@sarad.de	Datum / <i>Date:</i>	* 1.02.2010	Geprüft: <i>Certified:</i>	 SARAD GmbH Wiesbadener Straße 10 01159 Dresden Tel: 0351 65 807 12 • Fax: 0351 65 807 18
	Gültig bis / <i>valid to:</i>	* 0.02.2011		
RSC_Plus_00346_Kalibrierung_11-02-10.xls				

Figura H. 3 Certificado de calibração do medidor de radão – Radon - Scout Plus



**Calibration Certificate for Formaldehyde sensor in
Formaldemeter *H4V-a***

Formaldemeter Serial Number	F7009
Date of Calibration	18 th January 2010
Temperature °C	20.3
Relative Humidity %	30.6
Dispatch Date	20 th January 2010

Sensor Serial Number	788 C
Clean Air, High %RH Calibration Standard & Expiry Date	PPM Technology <0.05PPM December 2009
Actual Sensor Reading Using High %RH Calibration Standard	0.00 PPM
Calibration Standard Batch Number and Expiry Date	PPM Technology Tube 55, Batch 731 15/08/2010
Span Gas Concentration	2.011 PPM
Actual Sensor Reading in Span Gas	2.03 PPM

Calibration Performed by:

Mrs Laura Roberts BSc. Signature
Production Chemist

Date 19.01.2010

Authorised by:

Mr John B Jones BSc. Signature
Managing Director

Date 19.01.2010

The Clean Air, High Humidity Standard is a calibration standard manufactured by PPM Technology for use with the formaldehyde fuel cell sensor. The fuel cell must read less than 0.05PPM in order to pass our in-house tests.



www.ppm-technology
info@ppm-technology.com
 Cibyn Industrial Estate,
 Caernarfon, Gwynedd, Wales,
 LL55 2BD, UK
 Tel +44 (0) 1286 676 999
 Fax +44 (0) 1286 671 811



Figura H. 4 Certificado de calibração do medidor de formaldeído – *Formaldemeter*



**CERTIFICAT DE REGLAGE
ADJUSTMENT CERTIFICATE**

PRODUIT / PRODUCT

air IDEAL 3P - 90 mm - reference 96302

Numéro de série / Serial number : 091992

1/ Instruments de mesures / measuring equipment

Le banc de mesure est un débitmètre à ultrasons constitué d'un conduit, d'une sonde et d'un crible formant un ensemble indissociable, étalonné

The testing bench is an ultrasonic air flow meter composed of a nozzle, a probe and a grid, all of them being calibrated together.

• **Anémomètre / anemometer**

Type / type

débitmètre ultrasonique / ultrasonic air flow meter

Modèle / model

FRMB

n° de série / serial number

020

Étalonnage / calibration

Par CETIAT, laboratoire indépendant accrédité
COFRAC / Carried out by CETIAT, COFRAC accredited
independent laboratory.

Dernier étalonnage / last calibration on

14/09/2009

Prochain étalonnage / next calibration on

14/09/2010

2/ Protocole / protocol

L'aérobiocollecteur *air IDEAL* est placé en aval d'une tuyère spécialement dimensionnée où la sonde de mesure est insérée. Un réglage du débit d'aspiration de *air IDEAL* est effectué en mesurant la vitesse de l'air dans la tuyère.

La conversion vitesse lue / débit est faite à partir de d'étalonnage établi par le laboratoire accrédité COFRAC.

The air IDEAL air sampler is placed downstream a specially designed nozzle converging into which the measuring probe is inserted. The air flow is adjusted measuring the speed of the air inside the nozzle.

The air speed/flow rate conversion is performed using a calibration curve established by a COFRAC accredited laboratory.

3/ Résultat / result

Le débit de l'aérobiocollecteur *air IDEAL* dont le numéro de série figure en haut de ce document est de 100 l/min, +/- 6,5 l/min.

The air IDEAL air sampler whose serial number is recorded above has a flow rate of 100l/min +/- 6.5 l/min.

Réglage effectué le / adjustment done on 29/09/2009

Fait à (site) La Salle pour le compte de bioMérieux (on behalf of bioMérieux)

le (date) 06/10/2009

par (name) L. ROUILLOT

signature

bMxCertReg07

Anexo J

A seguir apresenta-se a planta do auditório magno. Onde se encontra o rectângulo preto foi o local em que se efectuou a medição e os ainda estão representados os difusores e as grelhas de ar.

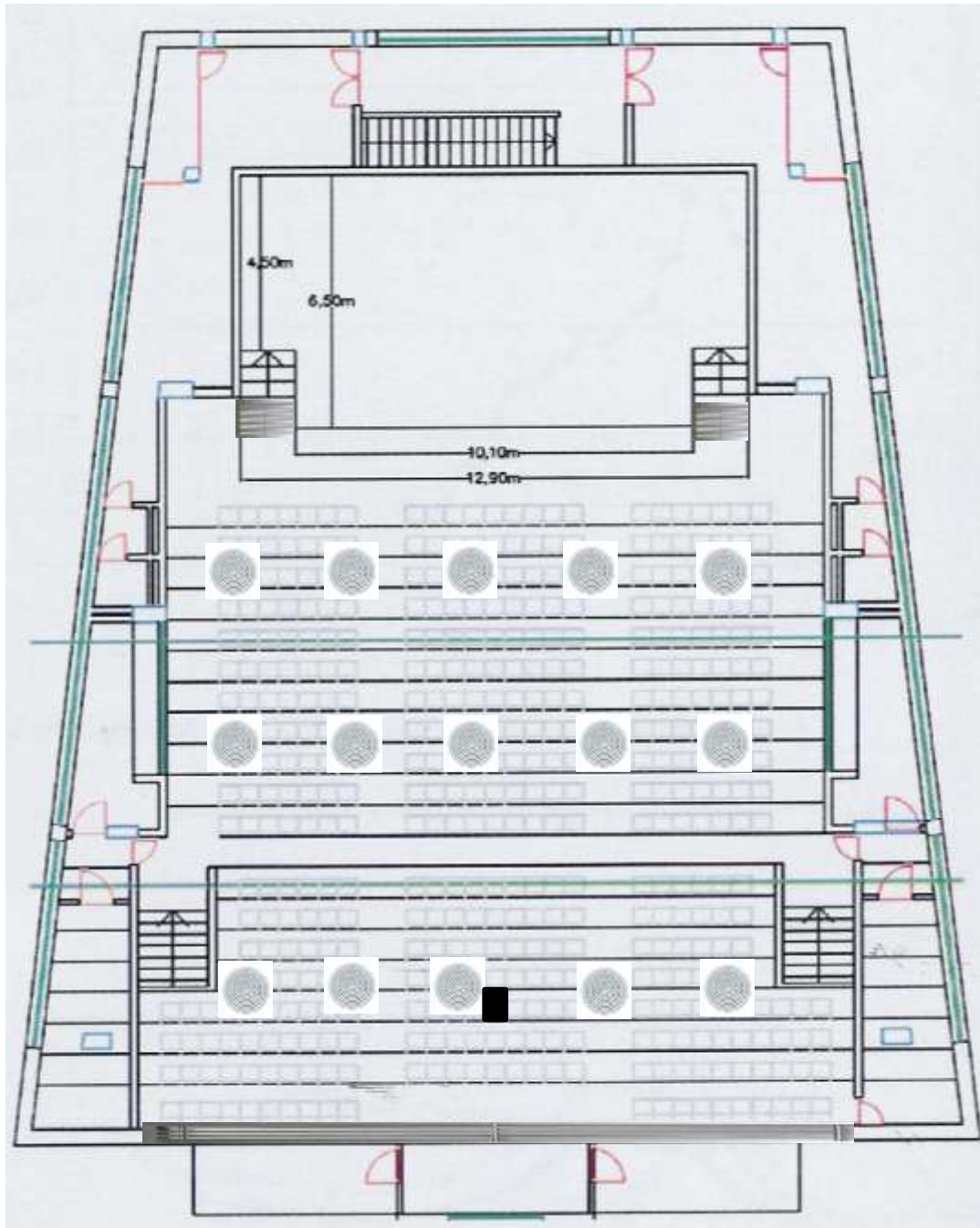


Figura J. 1 Planta arquitectónica do auditório magno e o respectivo local da medição